

Baumer MXU
USB3 Vision™ カメラ用ユーザーガイド



目次：

1. 基本情報	6
2. 安全性についての注意	7
3. 使用上の注意	7
4. 基本仕様	8
5. カメラモデル	9
6. 取り付けについて	10
6.1. 設置	12
6.2. レンズマウント	12
6.3. 要求環境仕様	12
6.3.1. 熱対策	12
7. ピンアサイン	12
7.1. USB3.0 インターフェイス	12
7.2. デジタルIO	12
7.2.1. LEDシグナル	12
8. 製品仕様	13
8.1. MXUカメラの分光感度特性	13
8.2. センサー位置	15
8.3. 画像取得タイミング	16
8.3.1. フリーランモード (Free Running Mode)	16
8.3.2. 固定フレームレートモード	17
8.3.3. トリガーモード (Trigger Mode)	18
8.3.4. USB3.0Vision™ 用メッセージチャンネルのタイミング	22
8.4. ソフトウェア	24
8.4.1. Baumer-GAPI	24
8.4.2. サードパーティーソフトウェア	24
9. カメラの機能	25
9.1. 画像取得方法	25
9.1.1. イメージフォーマット (Image Format)	25
9.1.2. ピクセルフォーマット (Pixel Format)	26
9.1.3. 露光時間 (Exposure Time)	28
9.1.4. PRNU / DSNU補正 (FPN - Fixed Pattern Noise)	29
9.1.5. HDR (High Dynamic Range)	30
9.1.6. ルックアップテーブル (Look-Up-Table)	31
9.1.7. ガンマ補正 (Gamma Correction)	31
9.1.8. パーシャルスキャン / 画素切り出し (Partial Scan / AOI)	32
9.1.9. ビニング (Binning)	33
9.1.10. ビニング補正 (Brightness Correction)	34

9.1.11. 画像反転 (Flip Image)	35
9.2. カラー化処理	36
9.3. カラー調整 - ホワイトバランス (White Balance)	36
9.3.1. ユーザー指定のカラー調整	36
9.3.2. ワンプッシュホワイトバランス	37
9.4. アナログコントロール	37
9.4.1. オフセット / ブラックレベル (offset / Black Level)	37
9.4.2. ゲイン (Gain)	38
9.5. ピクセル補正 (Defect Pixel Correction)	39
9.5.1. 基本情報	39
9.5.2. 補正アルゴリズム	40
9.5.3. 欠陥画素リスト (Defect Pixel List)	40
9.6. インターフェイス処理	41
9.6.1. デジタルIO (Digital IOs)	41
9.6.2. トリガー入力 (Trigger Input)	43
9.6.3. トリガーソース (Trigger Source)	43
9.6.4. デバウンサー (Debouncer)	44
9.6.5. フラッシュ信号 (Flash Signal)	44
9.6.6. タイマー (Timer)	45
9.6.7. フレームカウンター (Frame Counter)	45
9.7. シーケンサー (Sequencer)	46
9.7.1. 基本情報	46
9.7.2. カメラ設定用XMLファイルでの記述方法	47
9.7.3. 構成例	47
9.7.4. Baumer-GAPI シーケンサーモジュールの仕様	48
9.7.5. ダブルシャッター (Double Shutter)	49
9.8. デバイスリセット	49
9.9. ユーザーセット (User Sets)	50
9.10. 工場設定	50
9.11. タイムスタンプ (Time Stamp)	50
10. インターフェイス機能	51
10.1. デバイス情報 (Device Information)	51
10.2. Baumer画像情報ヘッダー (Chunk)	51
10.3. メッセージチャンネル (Message Channel)	62
10.3.1. イベント内容	62
11. 開始と停止の挙動	64
11.1. 画像取得の開始と停止と中断	64
11.2. インターフェイスの開始と停止	64
11.3. 画像取得モード	64
11.3.1. フリーラン	64
11.3.2. トリガー	64
11.3.3. シーケンサー	64
12. クリーニングについて	65
13. 保管と搬送	65
14. 製品の破棄について	65

15. 保証について	65
16. サポートについて	66
17. 適合情報	66
17.1. CE	66

1. 基本情報

Baumer社のカメラをご購入いただきありがとうございます。このユーザーガイドではカメラの使用方法やセットアップについて解説しています。



このマニュアルを注意深く読み、安全に使用するための注意書きを順守して下さい。

このユーザーガイドの対象

このユーザーガイドはマシンビジョンシステムにカメラを組み込みたいユーザを対象とします。

コピーライト

このマニュアルの全体および部分的な転載や複製、イラストやフォームの複製に関してはBaumerの許可なしに行う事はできません。また、マニュアルの内容は予告なしに変更される場合があります。

安全な取り扱いに関する注意区分

このユーザーガイド内での注意書きには以下の区分に分類されます。

注意

動作時の注意点や一般的なアドバイスなどを提供します。



警告！



危険な行為の状況を意味します。
危険が回避できない場合、軽症が発生するかもしれません。
あるいは装置が破壊されるかもしれません。

2. 安全性についての注意

⚠ 警告！



熱はカメラにダメージを及ぼします。規定の温度を超えないようにするためにも最適な放熱の仕組みが必要です。

カメラを組み込む上で様々な方法があるのでBaumerでは放熱に関して特定の方法は指定していません。

ただ、卓上で使用する場合はBaumerが提供するヒートシンク部品の使用を推奨します。

⚠ 警告！



動作中、カメラは熱くなります。

やけどする恐れがありますので動作中決してカメラやヒートシンクを触らないで下さい。

⚠ 警告！



規定外の曲げ半径でフレキシブルケーブルを使用した場合、フレキシブルケーブルが破損する恐れがあります。

フレキシブルケーブルを曲げる時は3mm以上の曲げ半径を守って下さい。

⚠ 警告！

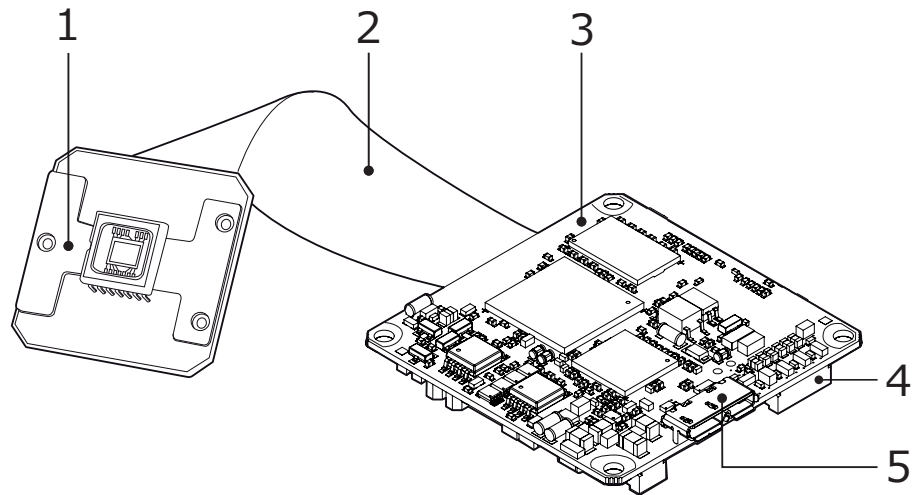


静電気の影響による故障を防ぐためにも取り扱いに注意して下さい。

3. 使用上の注意

カメラはPCに搭載されているUSB3.0インターフェイスを使って画像を転送します。

4. 基本仕様

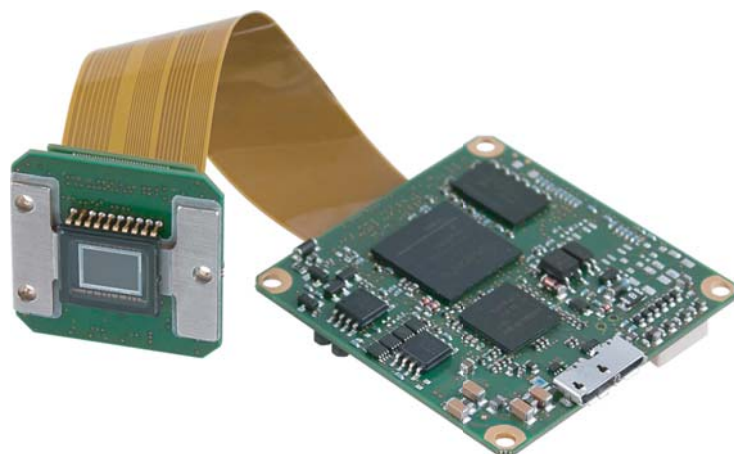


No.	内容	No.	内容
1	センサー基板	4	デジタルIO端子
2	フレキシブルケーブル	5	USB3.0ポート
3	システム基板		

全てのBaumer MXU USB3.0カメラシリーズは以下の特徴を持ちます。

高画質 フレキシブルな画像取得	<ul style="list-style-type: none"> ■ 高画質、低ノイズな画像を提供 ■ 産業向け製品に準拠したパラメーター設定とIO制御処理
高速画像転送	<ul style="list-style-type: none"> ■ USB3.0規格による5000Mbpsでの安定したデータ転送 ■ BaumerUSBDriverによる低負荷な大容量データ転送
容易なソフト開発	<ul style="list-style-type: none"> ■ ケーブル1本での電源供給とデータ転送 ■ Gen<I>Cam™とUSB3Vision®準拠 ■ 全てのBaumerカメラで利用可能なプログラムインターフェイス (BaumerGAPI) ■ SDK (SoftwareDevelopmentKit) にはシンプルなサンプルコードと豊富なヘルプ情報付属 ■ カメラの全機能を利用可能なBaumer Camera Explorer Tool ■ カメラの各種機能をGen<I>Cam™準拠XMLファイルの記述方式で提供
コンパクト設計	<ul style="list-style-type: none"> ■ 軽量 ■ 自由に組み込み、設置可能
安定した動作	<ul style="list-style-type: none"> ■ 最新の電子部品と精度の高い構成 ■ 低消費電力、低発熱

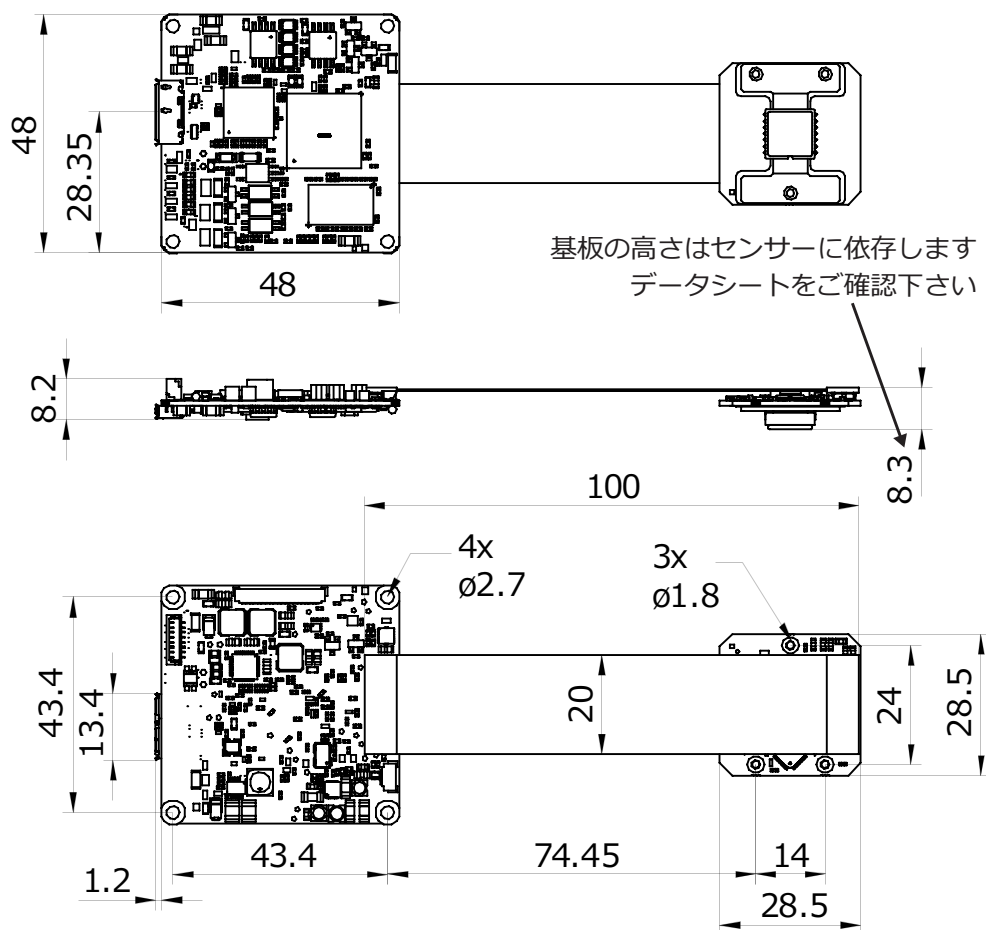
5. カメラモデル



▼ 図1
Baumer MXUカメラの
画像

カメラ型番	センサー サイズ	解像度	フル フレーム [max fps]
CCDセンサー (モノクロ / カラー)			
MXU02 / MXU02c	1/4"	656 x 490	160
MXU12 / MXU12c	1/3"	1288 x 960	42
MXU20 / MXU20c	1/1.8"	1624 x 1228	27
CMOSセンサー (モノクロ / カラー)			
MXUC20 / MXUC20c	2/3"	2044 x 1084	55
MXUC40 / MXUC40c	1"	2044 x 2044	29

ケース図面 (mm単位)



▼ 図2
Baumer MXUカメラの
図面

6. 取り付けについて

警告！

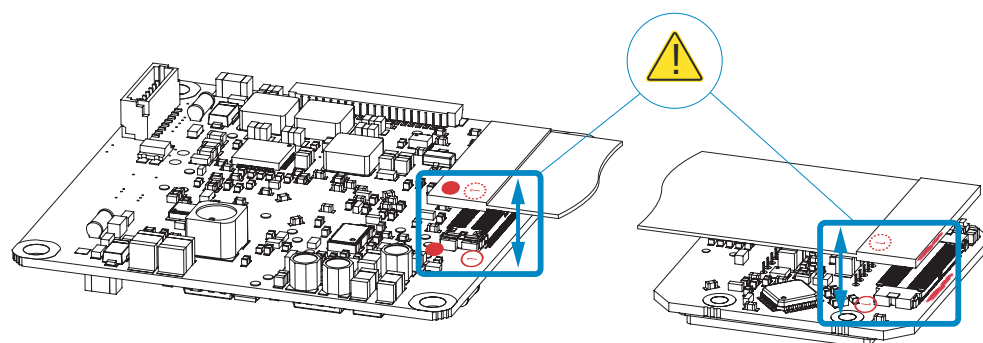


静電気の影響による故障を防ぐためにも取り扱いに注意して下さい。

フレキシブルケーブルの接続

注意

フレキシブルケーブルのコネクタ部分 ① に注意して下さい。

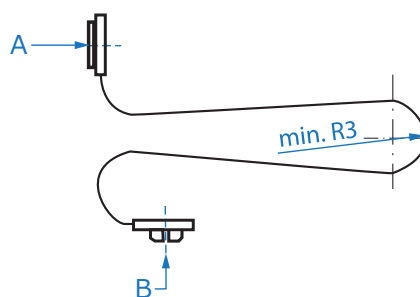


6.1. 設置

警告！



規定外の曲げ半径でフレキシブルケーブルを使用した場合、フレキシブルケーブルが破損する恐れがあります。フレキシブルケーブルを曲げる時は3mm以上の曲げ半径を守って下さい。



AからBまでの長さ = 94mm

図3 ▼

フレキシブルケーブルの
最小曲げ半径

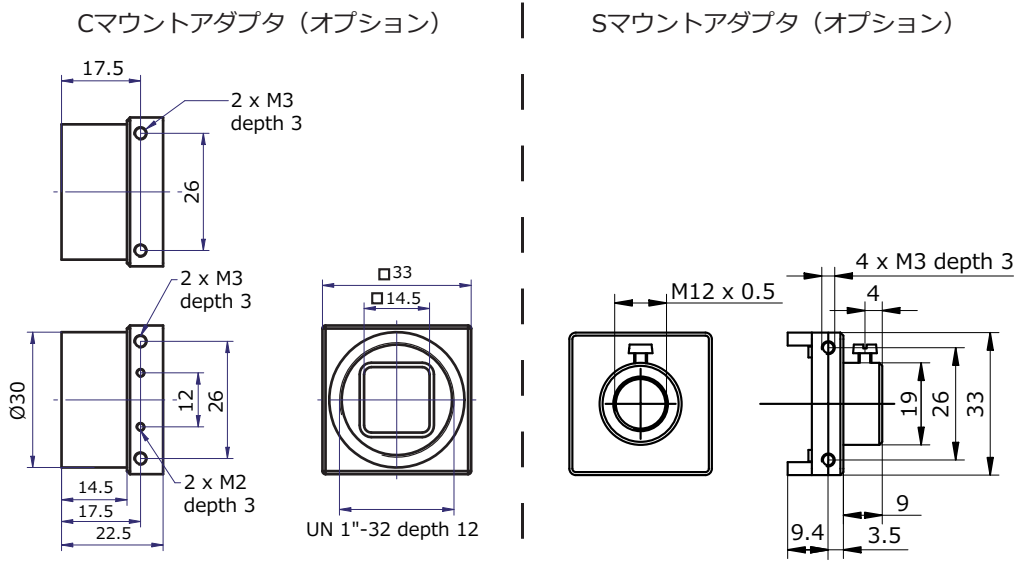
6.2 レンズマウント

注意

レンズやマウントパーツを取り付ける時、センサーやレンズに粉塵が混入する事を避けて下さい。

取り付け作業時は以下の点が特に重要です：

- 可能な限り粉塵の少ない環境で取り付けて下さい。
- センサーの粉塵防止フィルムはできる限り付けたまま作業して下さい。
- 作業時にカバーを外したセンサーはできるだけ下を向けておいて下さい。
- センサー表面やフィルターは触らないで下さい。



▼ 図4
Cマウント / Sマウント
部品の図面
(オプション品)

6.3 要求環境仕様

温度	
保管時の温度	-10℃ ~ +70℃
動作時の温度*	冷却方法に依存する

*カメラの温度が温度テーブルの各限界温度を超える場合は何らかの冷却方法（ヒートシンクなど）でカメラを冷却する必要があります。（熱対策を参照）

湿度	
保管・動作時の湿度	10% ~ 90% (結露無きこと)

6.3.1 熱対策

⚠ 警告！



熱はカメラにダメージを及ぼします。規定の温度を超えないようにするためにも最適な放熱の仕組みが必要です。
カメラを組み込む上で様々な方法があるのでBaumerでは放熱に関して特定の方法は指定していません。
ただ、卓上で使用する場合はBaumerが提供するヒートシンク部品の使用を推奨します。

⚠ 警告！



動作中、カメラは熱くなります。
やけどする恐れがありますので動作中決してカメラやヒートシンクを触らないで下さい。

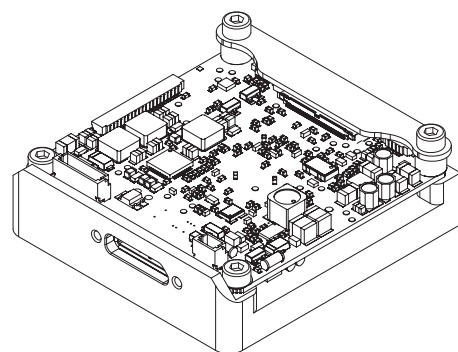
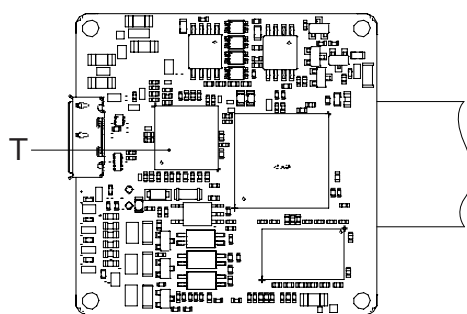


図5 ▼

温度測定場所
(ヒートシンクを取り付けた場合)

計測場所	限界温度
T	80℃

7. ピンアサイン

7.1. USB3.0 インターフェイス

USB3.0 Micro B



1	VBUS	6	MicB_SSTX+
2	D-	7	MicB_SSTX-
3	D+	8	GND_DRAIN
4	ID	9	MicB_SSRX-
5	GND	10	MicB_SSRX+

7.2. デジタルIO

▲ 警告!

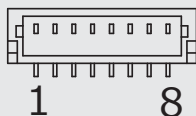
General Purpose IO (GPIO) は無電圧接点ではなく過電圧保護もされていません。間違った配線（過電圧、電圧不足、逆配線）は電気回路の故障を引き起こします。



GPIO許容電圧：3.3 VDC
許容電流量：Max 8mA

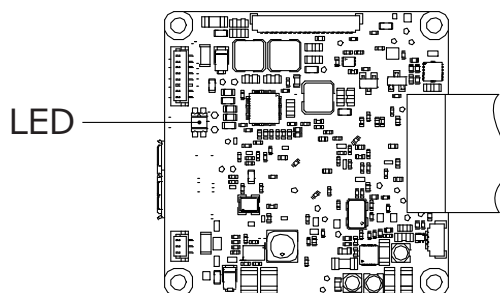
GPIOはデフォルトのカメラ設定ではInputに設定されています。
もし、GPIOを使用する場合は必ずGPIO_GNDを接続して下さい。

デジタルIO
(JST社 BM08B-SRSS-TB)



1	シールド	5	Line1 (GPIO1)
2	Line0 (Input)	6	Line2 (GPIO2)
3	GND IN (Input)	7	IO Power Vcc (Output)
4	Line3 (Output)	8	GPIO_GND (GPIO)

7.2.1. LEDシグナル



	シグナル	内容
LED	緑	USB3.0 接続で駆動
	黄色	USB2.0 接続で駆動 (画像転送されません)

▼ 図6

Baumer MXUカメラの
LED位置

8. 製品仕様

8.1. MXUカメラの分光感度特性

BaumerMXUカメラのモノクロとカラーの各分光感度特性は以下の通りです。各分光感度特性はフィルターの無い状態での値です。また、レンズや光源による固有の特性や影響を考慮した表ではありません。尚、これらの表はARコーティングされたカバーガラスのあるセンサーでの結果です。

これらは各センサーメーカーのデータシートに記載されている値です。

図7 ▼

0.3MP CCDセンサーを搭載したBaumerMXUカメラの分光感度特性

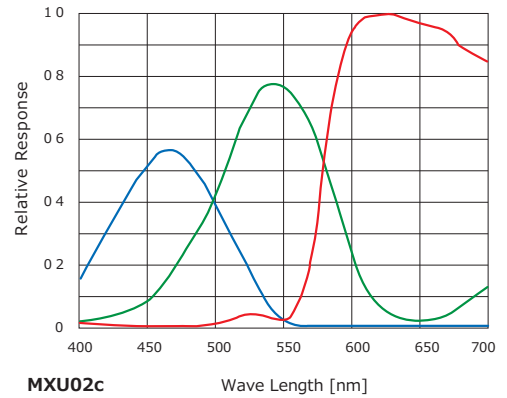
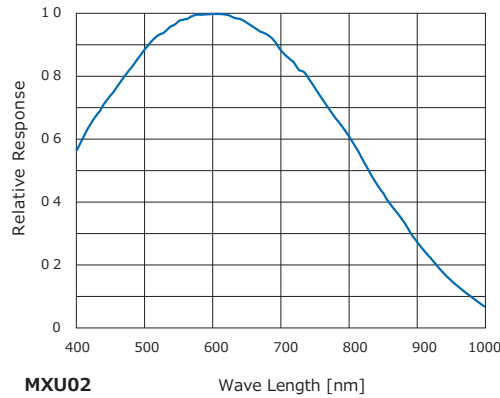


図8 ▼

1.2MP CCDセンサーを搭載したBaumerMXUカメラの分光感度特性

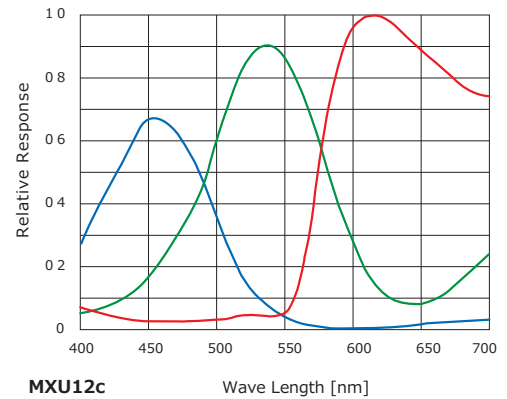
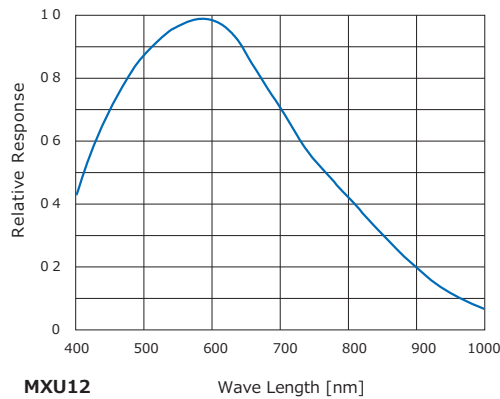
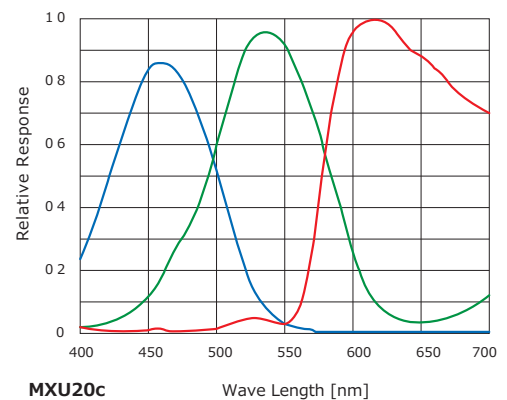
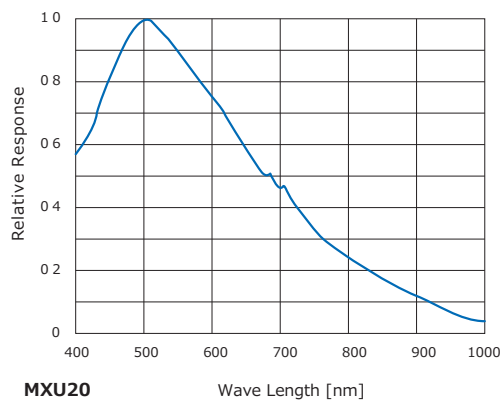
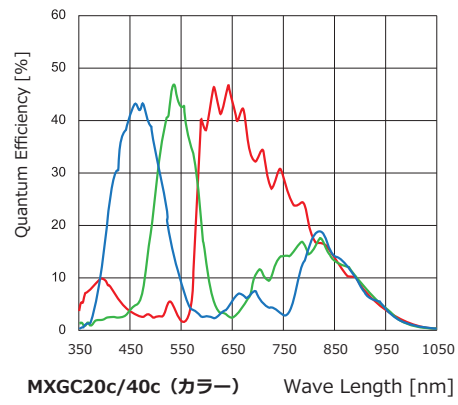
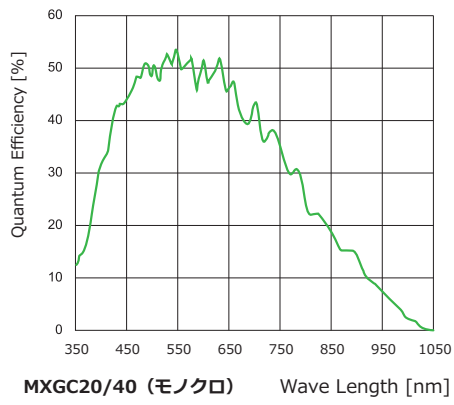


図9 ▼

2.0MP CCDセンサーを搭載したBaumerMXUカメラの分光感度特性

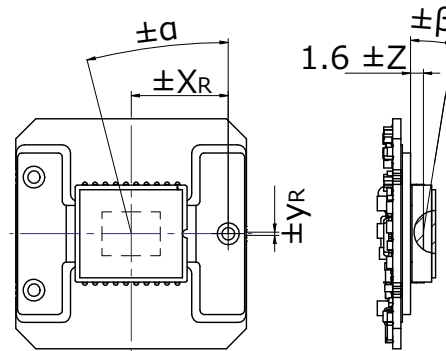




▼ 図10
2.0MPと4.0MP CMOS
センサーを搭載した
BumaerMXUカメラの
分光感度特性

8.2. センサー位置

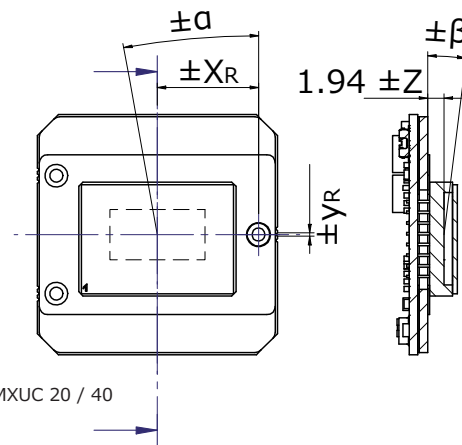
各四辺からのセンサー位置の精度についての図面とデータテーブルです。



MXU 02 / 12 / 20

図11 ▼

Baumer MXU02/12/20
カメラのセンサー位置



MXUC 20 / 40

図12 ▼

Baumer MXUC20/40カ
メラのセンサー位置

カメラ型番	$\pm x_{R,typ}$ [mm]	$\pm y_{R,typ}$ [mm]	$\pm a_{typ}$ [°]	$\pm \beta_{typ}$ [°]	$\pm z_{typ}$ [mm]
MXU02	0.25	0.25	1.50	0.32	0.10
MXU12	0.17	0.17	1.50	0.32	0.10
MXU20	0.17	0.17	1.50	0.34	0.10
MXUC20	0.07	0.07	0.5	0.05	0.09
MXUC40.2	0.07	0.07	0.5	0.05	0.09

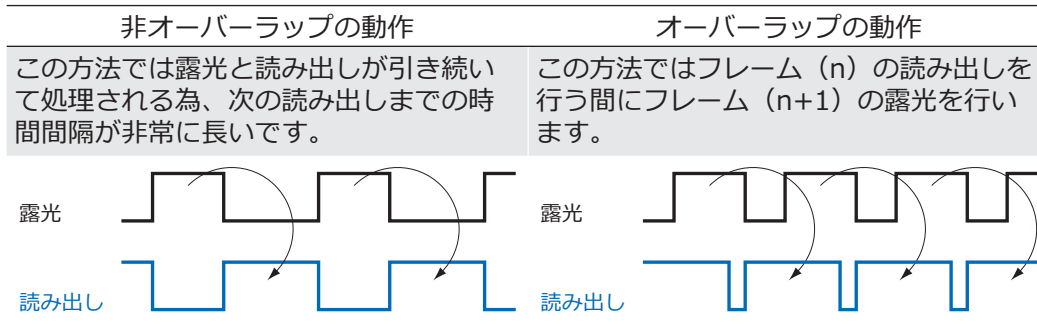
8.3. 画像取得タイミング

画像の取得は続いて起こる2つの要素で成り立っています。
 初めに、センサー上で感度を持つ有効な画素領域で露光（Exposure）が行われます。
 続いて、露光が完了してから画素の輝度値データを読み出します（Readout）。

露光時間（ t_{exposure} ）はユーザーによって調整可能です。
 ただし、読み出し時間（ t_{readout} ）はセンサーの仕様やイメージフォーマットに依存します。

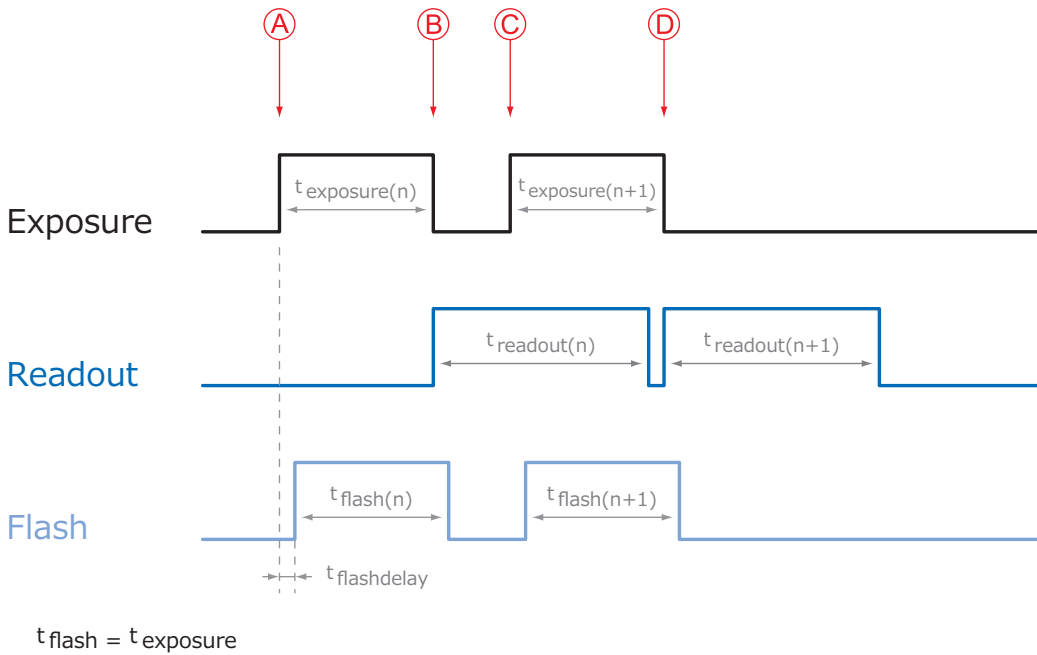
Baumerのカメラは二つのモードで動作します。
 1つはフリーランモード（Free Running）でもう1つはトリガーモード（Trigger Mode）です。

カメラはオーバーラップと非オーバーラップ*）で動作可能です。
 露光と読み出しの時間の組み合わせは使用されるモードに依存します。



8.3.1. フリーランモード（Free Running Mode）

フリーランモードの場合、カメラは延々と画像を記録し、PCへ送信します。
 調整された露光時間（ t_{exposure} ）とイメージフォーマットで最適な動作を得るために、カメラはオーバーラップで動作します。
 露光時間が読み出し時間と同じかそれより短い（ $t_{\text{exposure}} \leq t_{\text{readout}}$ ）場合、最大フレームレートは使用されているイメージフォーマットで決まります。長時間露光を行った場合はカメラのフレームレートが低下します。



タイミング：
A - フレーム（n）の露光を実行
B - フレーム（n）の画像パラメータを実行
C - フレーム（n+1）の露光を実行
D - フレーム（n+1）の画像パラメータを実行

画像パラメータ：
Offset
Gain
Mode
Partial Scan

*）非オーバーラップでは連続して露光と読み出しが行われます。

8.3.2. 固定フレームレートモード

これはBaumerMXUカメラの機能の一部で、連続での画像取得においてユーザーが指定したフレームレートで動作させる事が可能です。

このモードを実行するために、カメラは内部でトリガーパルスを発生させるクロックジェネレーターを備えています。

注意

特定のフレームレートによっては内部トリガーが無視される場合があります。基本的にこれは調整したフレームレートと露光時間、読み出し時間の組み合わせに依存します。

8.3.3. トリガーモード (Trigger Mode)

特定の外部イベント (Triggerなど) が起こった後、画像の取得を開始します。
 カメラは間隔のあるトリガーの使用に応じて非オーバーラップかオーバーラップで動作します。

トリガーモードでのタイミングに関して、以下の基本的な公式を考慮する必要があります。

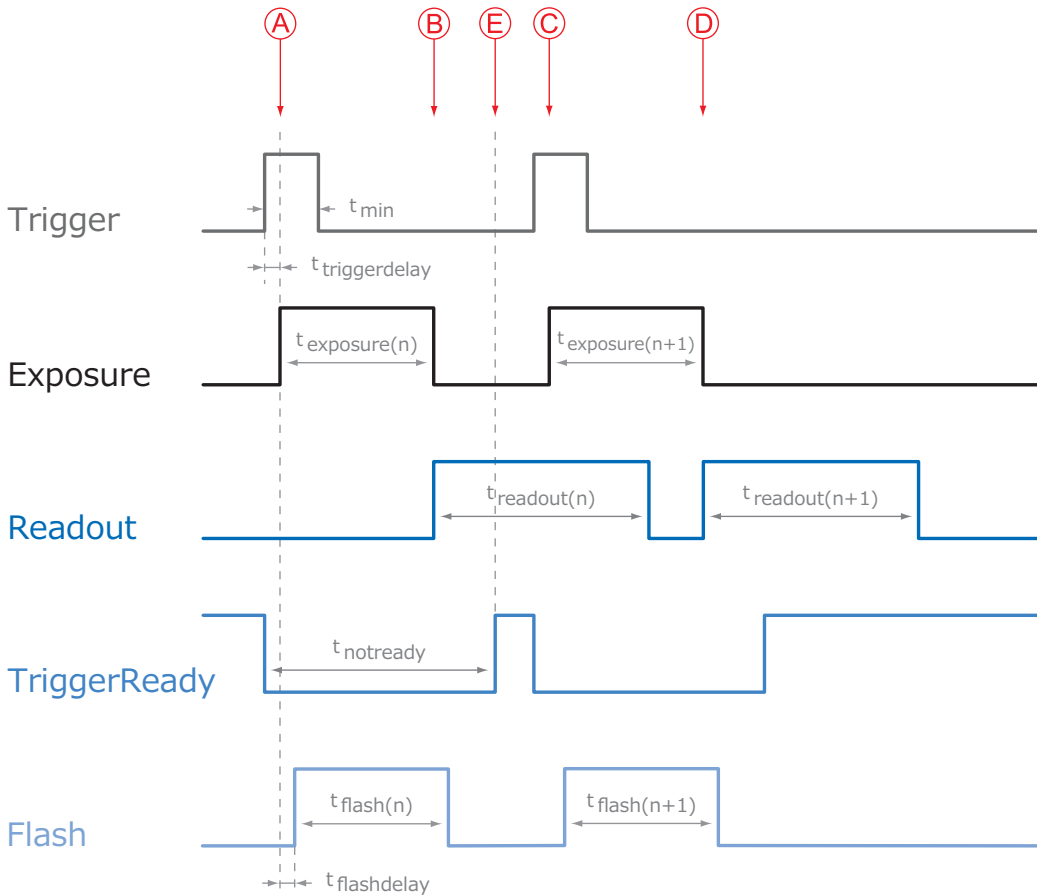
状況	公式
$t_{\text{exposure}} < t_{\text{readout}}$	(1) $t_{\text{earliestpossibletrigger}(n+1)} = t_{\text{readout}(n)} - t_{\text{exposure}(n+1)}$
	(2) $t_{\text{notready}(n+1)} = t_{\text{exposure}(n)} + t_{\text{readout}(n)} - t_{\text{exposure}(n+1)}$
$t_{\text{exposure}} > t_{\text{readout}}$	(3) $t_{\text{earliestpossibletrigger}(n+1)} = t_{\text{exposure}(n)}$
	(4) $t_{\text{notready}(n+1)} = t_{\text{exposure}(n)}$

8.3.3.1. オーバーラップの動作 : $t_{\text{exposure}(n+2)} = t_{\text{exposure}(n+1)}$

オーバーラップ動作の場合、カメラが処理できないタイミングでのトリガー信号の間隔 (t_{notready}) について注意を向けなくてはなりません。この間隔は二つの露光の間に位置します。 t_{notready} の処理時間が過ぎた時、カメラは外部イベントに再び反応できるようになります。

t_{notready} が過ぎた後、(E) のタイミングは最新の画像の読み出し時間 [$t_{\text{readout}(n)}$] と次の画像の露光時間 [$t_{\text{exposure}(n+1)}$] に依存します。
 そして、再びトリガーを処理できるようになる時間は上記の通り公式で決まります。
 (1番と3番のケース)

つまり、露光時間が常に同じ場合 t_{notready} は画像を取得してから次の取得まで常に同じです。



タイミング :

- A - フレーム (n) の露光を実行
- B - フレーム (n) の画像パラメータを実行
- C - フレーム (n+1) の露光を実行
- D - フレーム (n+1) の画像パラメータを実行
- E - トリガーを受信可能

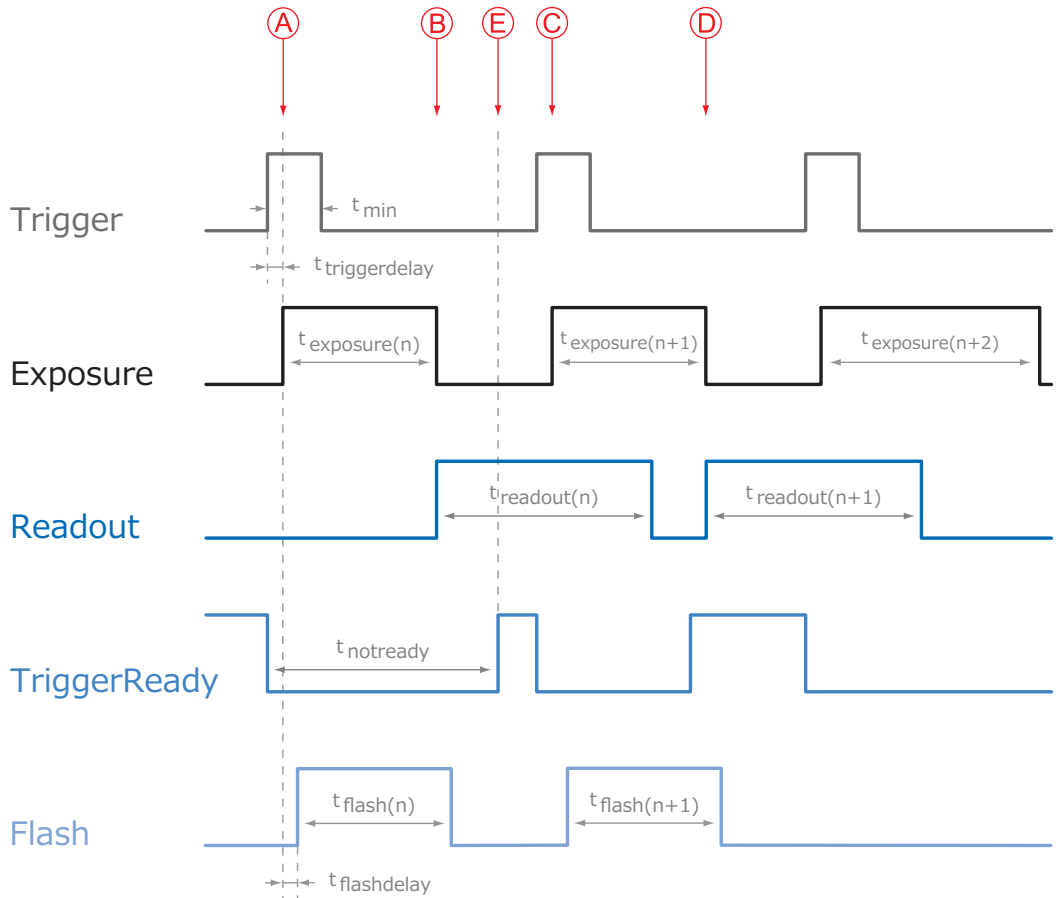
画像パラメータ :

- Offset
- Gain
- Mode
- Partial Scan

8.3.3.2. オーバーラップの動作 : $t_{\text{exposure}(n+2)} > t_{\text{exposure}(n+1)}$

現在取得している画像の露光時間 (t_{exposure}) より、次に取得する画像の露光時間の方が長い場合、発生したトリガー信号をカメラが処理できない時間 (t_{notready}) は減少します。

処理できない時間は上記の公式でシミュレートする事が可能です。(2番と4番のケース)



タイミング:

- A - フレーム (n) の露光を実行
- B - フレーム (n) の画像パラメータを実行
- C - フレーム (n+1) の露光を実行
- D - フレーム (n+1) の画像パラメータを実行
- E - トリガーを受信可能

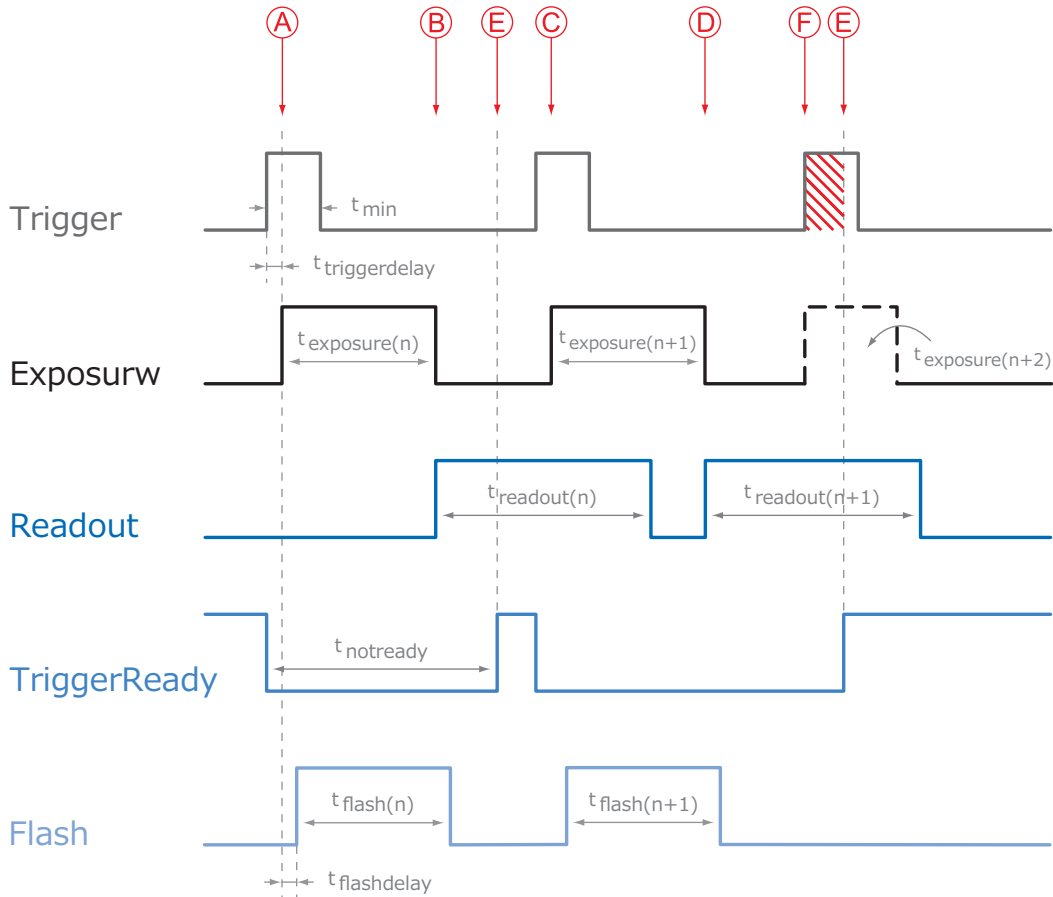
画像パラメータ:

- Offset
- Gain
- Mode
- Partial Scan

8.3.3.3. オーバーラップの動作 : $t_{\text{exposure}(n+2)} < t_{\text{exposure}(n+1)}$

現在取得している画像の露光時間 (t_{exposure}) より、次に取得する画像の露光時間の方が短い場合、発生したトリガー信号をカメラが処理できない時間 (t_{notready}) は増加します。

つまり、 t_{exposure} が減少する時、 t_{notready} は入力されたトリガー中も待機を続けます。カメラは入力されたトリガーによる処理を実行できず、画像の取得は開始されません。(この入力されたトリガーは無視されます)



タイミング :	
A	フレーム (n) の露光を実行
B	フレーム (n) の画像パラメータを実行
C	フレーム (n+1) の露光を実行
D	フレーム (n+1) の画像パラメータを実行
E	トリガーを受信可能
F	フレームは開始されずトリガーが無視される

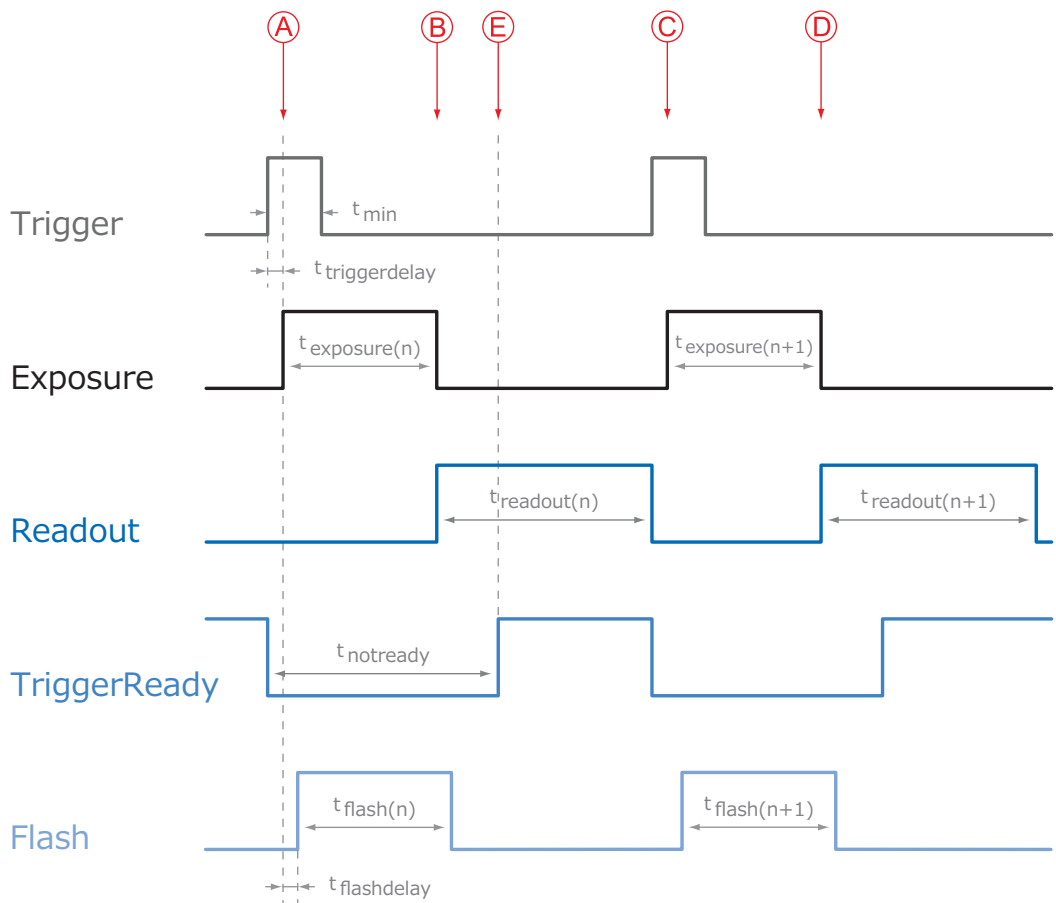
画像パラメータ :	
Offset	
Gain	
Mode	
Partial Scan	

注意

特定の周期で提供されるトリガー信号では、このトリガーを無視する現象を回避できません。一般的に、この無視される周期は露光と読み出し時間の組み合わせに依存します。

8.3.3.4. 非オーバーラップの動作

($t_{\text{exposure}} + t_{\text{readout}}$) よりも長い間隔の周期的なトリガー信号を使用した場合、画像の取得は連続で実行され、カメラは非オーバーラップで動作します。



タイミング:

- A - フレーム (n) の露光を実行
- B - フレーム (n) の画像パラメータを実行
- C - フレーム (n+1) の露光を実行
- D - フレーム (n+1) の画像パラメータを実行
- E - トリガーを受信可能

画像パラメータ:

- Offset
- Gain
- Mode
- Partial Scan

8.3.4. GigE Vision用メッセージチャンネルのタイミング

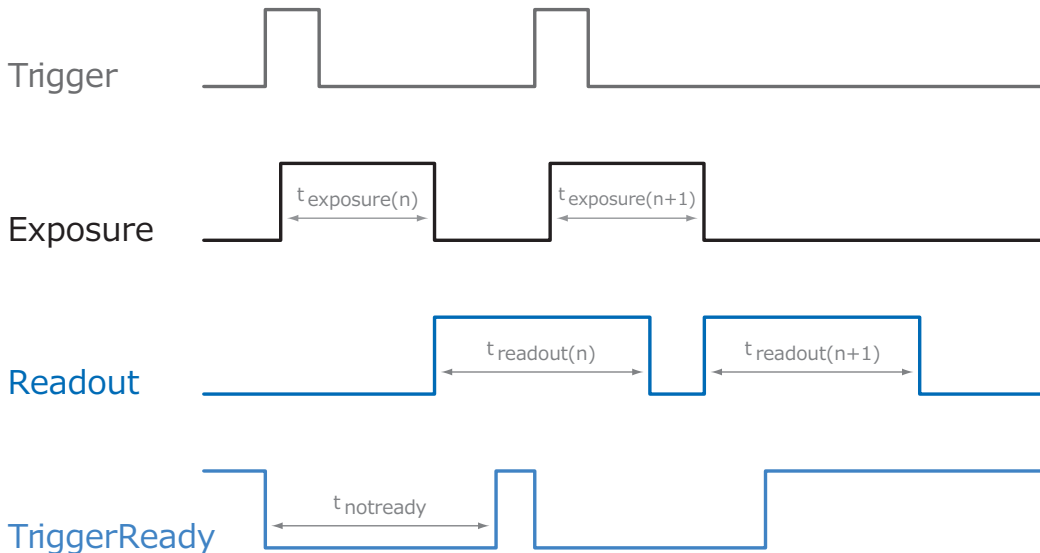
下記チャート図は非同期的なメッセージチャンネルによる各種イベント信号のシグナルタイミングです。メーカー仕様の内、“TriggerReady”、“TriggerSkipped”、“TriggerOverlapped”、“ReadoutActive”について説明しています。

注意

メッセージチャンネルの詳細に関してはセクション10.3をご覧ください。

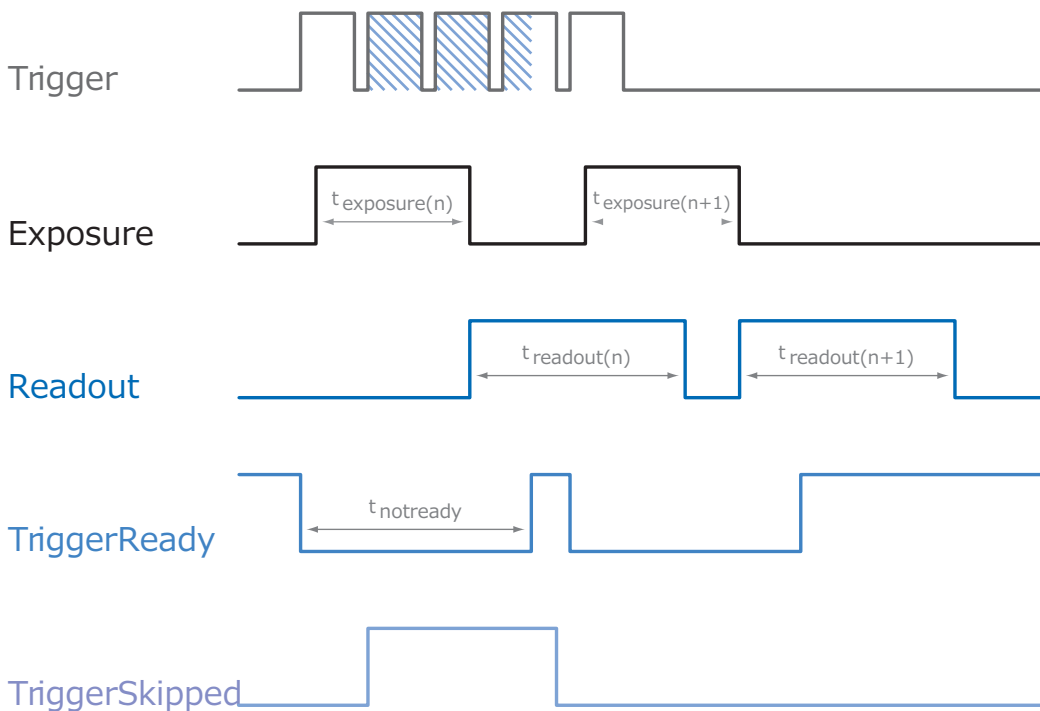
8.3.4.1. トリガー待機 (TriggerReady)

このイベント信号はカメラがトリガー信号を受付可能かどうかを示します。



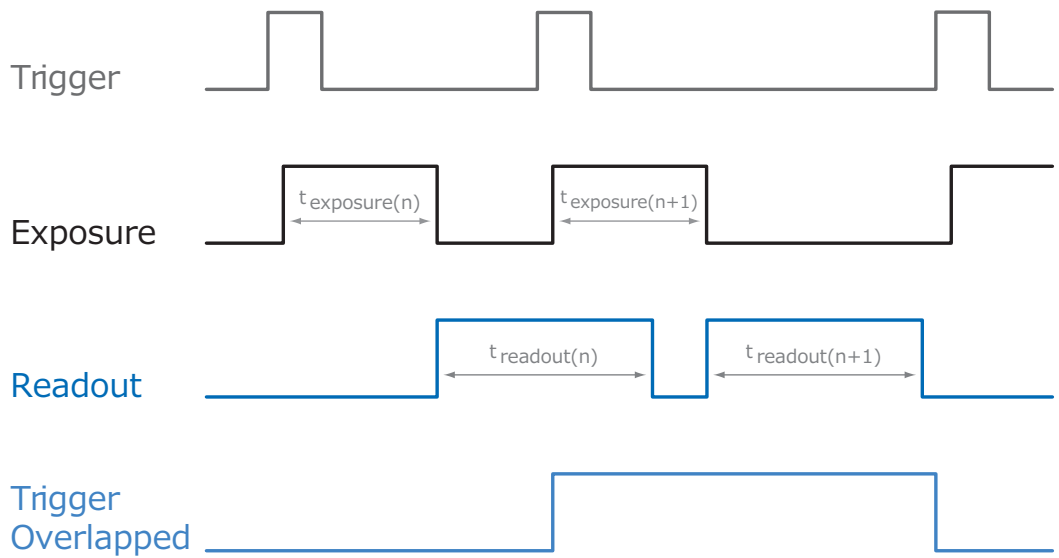
8.3.4.2. トリガースキップ (TriggerSkipped)

カメラがまだ t_{notready} 状態のためトリガー信号を処理できない場合、入力されたトリガーは無視されます。BaumerMXUカメラの場合この現象が起こった時に“TriggerSkipped”のイベントでユーザーは情報を取得する事ができます。



8.3.4.3. トリガーオーバーラップ (TriggerOverlapped)

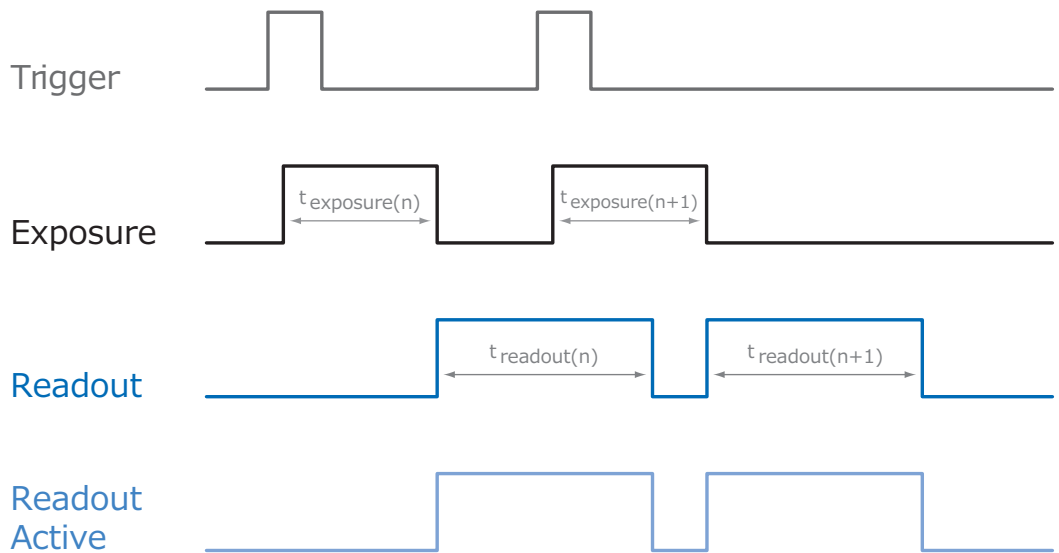
センサーが露光と読み出しを同時に行っている限りこのイベント信号はActiveなままです。つまりカメラはオーバーラップモードで動作しています。



読み出しが無い状態で有効なひとつのトリガー信号が発生した場合、“TriggerOverlapped”信号はLowに変化します。

8.3.4.4. 読み出し中 (ReadoutActive)

センサーが読み出しを行っている間、カメラは“ReadoutActive”の信号を出力します。



8.4 ソフトウェア

8.4.1 Baumer-GAPI

Baumer-GAPIとはBaumer製品用の“**Generic Application Programming Interface**”です。このAPIと共に、BaumerはBaumerのカメラの制御と最適な統合を提供します。また、このSDKはGigEだけでなく他のインターフェイスのカメラモデルの制御も提供します。

このBGAPIはWindows (XP 以上) やLinux (Kernel 2.6.x 以上) をサポートしており、32bit環境下だけではなく64bit環境下でも動作します。

また、いくつかのプログラミング言語用にインターフェイスを提供しています。

例えば、C、C++や、.NET™Framework (Windows環境下)、Mono (Linux環境下) が提供しているC#、VB.NETなどの言語です。

USB3 Vision™カメラを使用するにはBGAPI Ver2.2以上が必要です。

8.4.2 サードパーティーソフトウェア

Gen<I>Cam™とUSB3 Vision™に準拠しているサードパーティー製のソフトウェア上で、BumerのMXUシリーズのカメラを動作させる事が可能です。

Baumerのカメラが対応しているサードパーティー製のソフトウェアリストは以下の通りです。

- MVTec : HALCON (10.0以上)
- National Instruments : LabView (Vision Acquisition Software Aug 2013以上)
- Matrox Imaging : MIL/MIL-Lite (10.0 Update1以上)
- JAI : JAI SDK (2.0.20以上)
- A&B Software : ActiveGigE

9. カメラの機能

9.1. 画像取得方法

9.1.1. イメージフォーマット (Image Format)

通常、デジタルカメラはあるフォーマット（センサーの解像度）に応じた画像データを提供します。

Baumerのカメラはいくつかのイメージフォーマットを提供できます。（カメラタイプに依存）

標準的なカメラとは違い、Baumerのカメラのイメージフォーマットでは解像度だけではなく事前に定義されたパラメーターもセットで内包しています。

それらのパラメータは以下の通りです。

- 解像度（横と縦のピクセル数）
- ビニングモード

カメラ型番	Full frame	Binning 2 x 2	Binning 1 x 2	Binning 2 x 1
モノクロ				
MXU02	■	■	■	■
MXU12	■	■	■	■
MXU20	■	■	■	■
MXUC20	■	■	□	□
MXUC40.2	■	■	□	□
カラー				
MXU02c	■	■	■	■
MXU12c	■	■	■	■
MXU20c	■	■	■	■
MXUC20c	■	■	■	■
MXUC40c.2	■	■	■	■

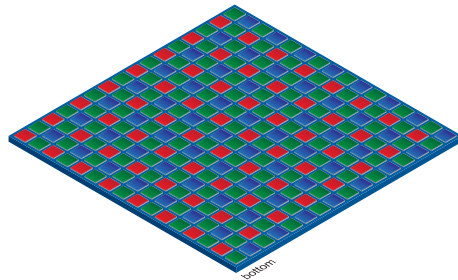
9.1.2. ピクセルフォーマット (Pixel Format)

Baumerのデジタルカメラでは、ピクセルフォーマットは選択されたイメージフォーマットに依存します。

9.1.2.1. 定義

RAW : 生データ (Raw Data) フォーマット。
色変換処理されることなくそのままのデータで格納されます

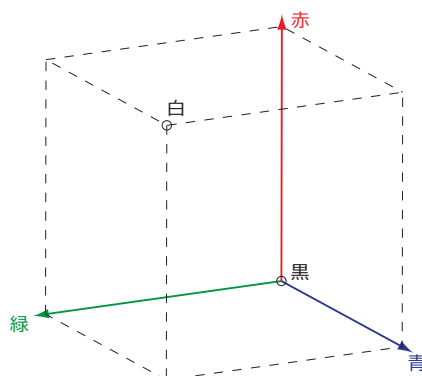
Bayer : カラーセンサー用の生データです。Bayer配列のカラーフィルターがセンサーの直前に設置されており、配列の内容は50%の緑、25%の赤、25%の青で構成されています。



▼ 図13
カラーフィルターの
Bayer配列

Mono : モノクロ。単色のモノクロ濃淡画像で構成された色範囲です。
通常、グレースケールや白黒画像といったモノクロを指す言葉と同義です。

RGB : カラーモデルの一種で、検出可能な3つの色要素、赤、緑、青で構成されています。



▼ 図14
RGB色空間の
三次元表示

表示されている3つの座標はバッファ内に格納されているR,G,Bそれぞれの方向です。

BGR : これはRGBの色の整列を青、緑、赤に再配置したものです。

YUV : カラーモデルの一種で、主にPALのTVで使用される圧縮画像規格です。
YUVでは、輝度信号 (Y) に広い帯域幅が割り当てられ、それと共に送信される2つの色差信号 (U、V) には狭い帯域幅が割り当てられます。
Uは輝度信号と青色成分の差 ($U=B-Y$) を意味し、
Vは輝度信号と赤色成分の差 ($V=R-Y$) を意味します。
3色目となる緑は転送されずにYUVそれぞれの値から計算して算出されます。

YUV 4:4:4 : この場合それぞれの要素は同じサンプリングレートです。
また、サブサンプル処理も発生しません。

YUV 4:2:2 : 色差信号の要素のみ半分のサンプリングレートで処理されます。
転送に必要な帯域幅をYUV4:4:4と比べて2/3に減らしますが、
画質の低下を引き起こします。

YUV 4:1:1 : 色差信号の要素のみ1/4のサンプリングレートで処理されます。
この方法では転送に必要な帯域幅をYUV4:4:4と比べて半分に減らします。

色深度： 通常、色深度（Pixel depth）とはそれぞれの色のチャンネルでの色値（輝度値）範囲を定義しています。例えば8bitの色深度の場合、2の8乗=256色の異なった色で表現されます。
RGBやBGRに関しては1チャンネルあたり8bitとした場合、全体では24bitで構成されます。

8bit以上の色深度の場合、2byte分のデータが満たされていないとしても2byteデータとして送信しなければなりません。Baumer MXUカメラでは帯域幅を抑制するためパッキングされたフォーマットを導入しています。このフォーマットでは使用していないbit部分を次の画素のデータで埋めてデータ量を節約します。

図15 ▼
モノクロ 8bitとRGB 8bit
のデータ構造

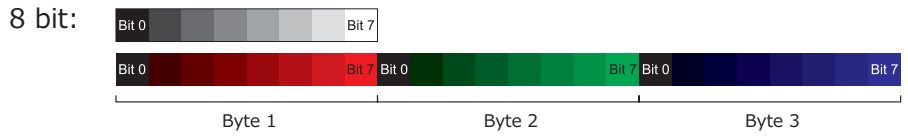


図16 ▼
モノクロ 12bitの
データ構造（2byte）

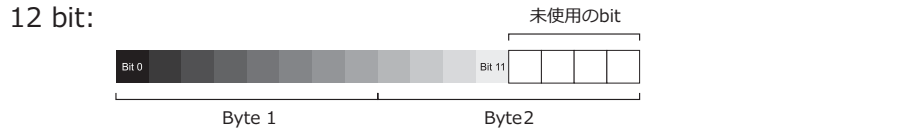
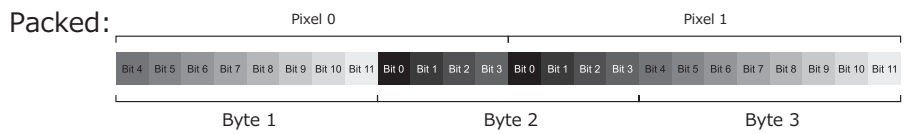


図17 ▼
モノクロ 12bitの
データ構造（2画素分のデ
ータをパッキング）

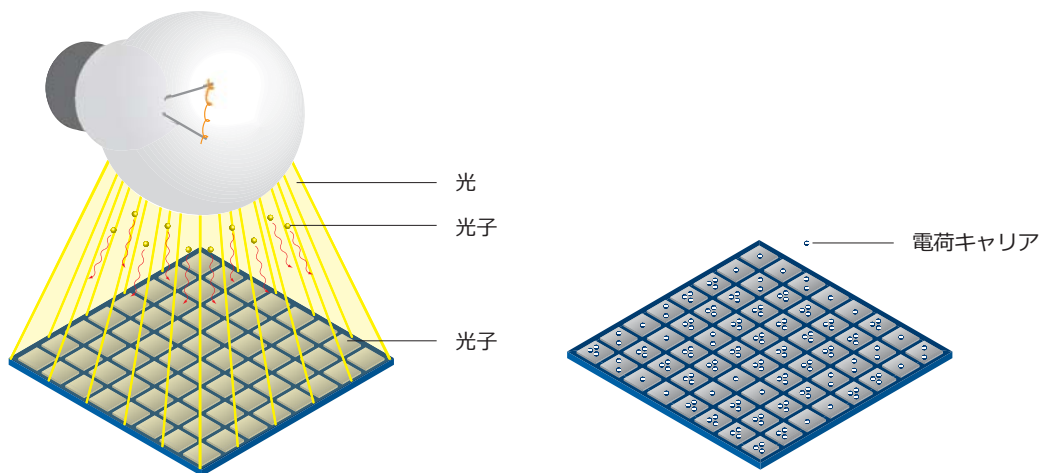


9.1.2.2. Baumer MXGカメラのピクセルフォーマット

カメラ型番	Mono 8	Mono 12	Mono 12 Packed	Bayer RG 8	Bayer RG 10	Bayer RG 12	RGB 8	BGR 8	YUV8_UYV	YUV422_8_UYVY	YUV411_8_UYVYVY
モノクロ											
MXU02	■	■	■	□	□	□	□	□	□	□	□
MXU12	■	■	■	□	□	□	□	□	□	□	□
MXU20	■	■	■	□	□	□	□	□	□	□	□
MXUC20	■	■	■	□	□	□	□	□	□	□	□
MXUC40.2	■	■	■	□	□	□	□	□	□	□	□
カラー											
MXU02c	■	□	□	■	■	■	■	■	■	■	■
MXU12c	■	□	□	■	■	■	■	■	■	■	■
MXU20c	■	□	□	■	■	■	■	■	■	■	■
MXUC20c	■	□	□	■	■	■	■	■	■	■	■
MXUC40c.2	■	□	□	■	■	■	■	■	■	■	■

9.1.3. 露光時間 (Exposure Time)

センサーが露光を開始すると、光子の傾向によって電荷分離反応が各画素の半導体で行われます。この結果が電圧差となり、信号として抽出されます。



▼ 図18
光がセンサーの半導体に入射する事で電荷の分離が発生します

信号の強さは受け取る光子の量に影響されます。露光時間 (t_{exposure}) が増加する事で、この量を増加させる事が可能です。

Baumer MXUカメラでは、露光時間は以下の範囲内で1 μsec づつ設定できます。

カメラ型番	t_{exposure} : 最小値	t_{exposure} : 最大値
モノクロ		
MXU02	4 μsec	60 sec
MXU12	4 μsec	60 sec
MXU20	4 μsec	60 sec
MXUC20	15 μsec	1 sec
MXUC40.2	20 μsec	1 sec
カラー		
MXU02c	4 μsec	60 sec
MXU12c	4 μsec	60 sec
MXU20c	4 μsec	60 sec
MXUC20c	15 μsec	1 sec
MXUC40c.2	20 μsec	1 sec

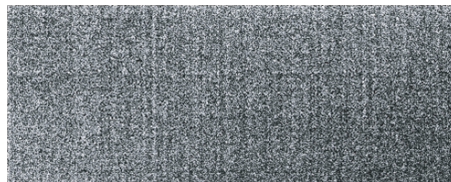
9.1.4. PRNU / DSNU 補正 (FPN - Fixed Pattern Noise)

カメラ型番	FPN
CCD (モノクロ / カラー)	
MXU02 / MXU02c	<input type="checkbox"/>
MXU12 / MXU12c	<input type="checkbox"/>
MXU20 / MXU20c	<input type="checkbox"/>
CMOS (モノクロ / カラー)	
MXUC20 / MXUC20c	<input checked="" type="checkbox"/>
MXUC40 / MXUC40c	<input checked="" type="checkbox"/>

CMOSセンサーは固定パターンノイズ (FPN) と呼ばれる不均一な出力特性があります。それはノイズではなくピクセル間で一定の変化量を持っており補正可能で、この補正機能を使用する事でより均質な画像を得る事ができ画像処理し易くします。

DarkSignalNonuniformity (DSNU) と呼ばれるピクセル間の暗電流の変動量と、PhotoResponseNonuniformity (PRNU) と呼ばれる感度の変動量があり、DSNUはオフセット調整によって修正され、PRNUは係数で修正されます。

補正は列毎に行われます。補正值は使用されているセンサーの読み出し設定に応じて算出されなければなりません。カメラの製造中にこの補正值は工場出荷設定に格納されます。もし他の設定を使用するならば (例えば異なる読み出しチャンネル)、デフォルトの補正データと共にこの補正を使用すると画像品質の低下が起こるかもしれません。この場合、ユーザーは特定の補正データを作成してユーザーセットに格納しても良いです。



PRNU / DSNU Correction Off



PRNU / DSNU Correction On

9.1.5. HDR (High Dynamic Range)

カメラ型番	HDR
CCD (モノクロ/カラー)	
MXU02 / MXU02c	<input type="checkbox"/>
MXU12 / MXU12c	<input type="checkbox"/>
MXU20 / MXU20c	<input type="checkbox"/>
CMOS (モノクロ/カラー)	
MXUC20 / MXUC20c	<input checked="" type="checkbox"/>
MXUC40.2 / MXUC40c.2	<input checked="" type="checkbox"/>

通常、輝度反応は線形ですがこのセンサーは区分線形な反応によるハイダイナミックレンジ (HDR) に対応しています。

このモードを使用していると露光を行っている間に画素の出力値が指定された出力レベルに達すると切り取られます。

より暗い画素では 閾値に達する事はないです。

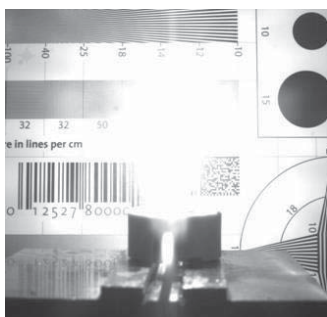
閾値は1回の露光時間の中に時間方向と出力方向それぞれ2箇所調整する事が可能です。

以下の図を確認して下さい。

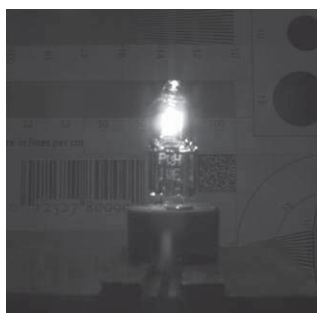
このモードでは、Expo0、Expo1、Pot0、Pot1の値をそれぞれ変更します。

Expo2の値は自動的にカメラ側で算出されます。

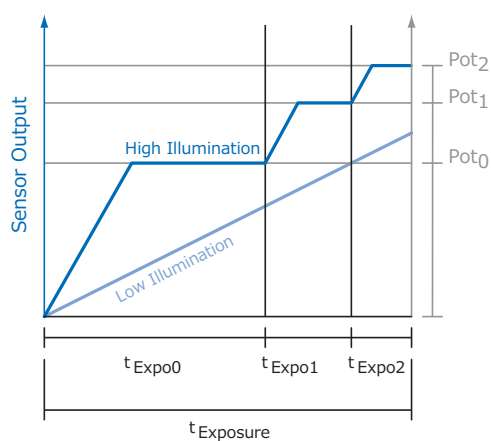
(Expo2 = Exposure - Expo0 - Expo1)



HDR Off



HDR On



9.1.6. ルックアップテーブル (Look-Up-Table)

Baumerのモノクロカメラにはルックアップテーブル (LUT) 機能が搭載されています。グレーレベルの有効範囲内で2の12乗 = 4096階調までユーザーが自由に指定可能です。

9.1.7. ガンマ補正 (Gamma Correction)

Baumer MXUカメラでは非線形的な人間の視覚システムを補間する機能としてガンマ補正機能があります。

修正された画素の輝度値 (Y') はセンサーの元の輝度値 (Y_{original}) に、修正率 (γ) を用いて計算されます。単純な式に直すと以下の公式になります。

$$Y' = Y_{\text{original}}^\gamma$$

Baumer MXUカメラでは、0.001~2までの範囲で γ を調整できます。

計算された値がルックアップテーブル (チャプター9.1.6参照) に入力されるため、既存のLUTに設定している値は上書きされてしまいます。

注意

ソフトウェア側でLUT機能をオフにしている場合ガンマ補正機能もオフになります。

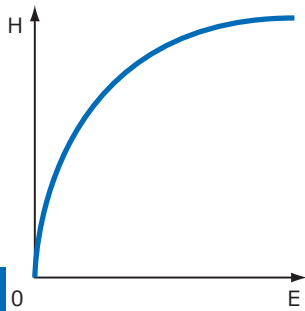


図19 ▲

非線形的な人間の
視覚システム

H - 知覚する明るさ
E - 光のエネルギー

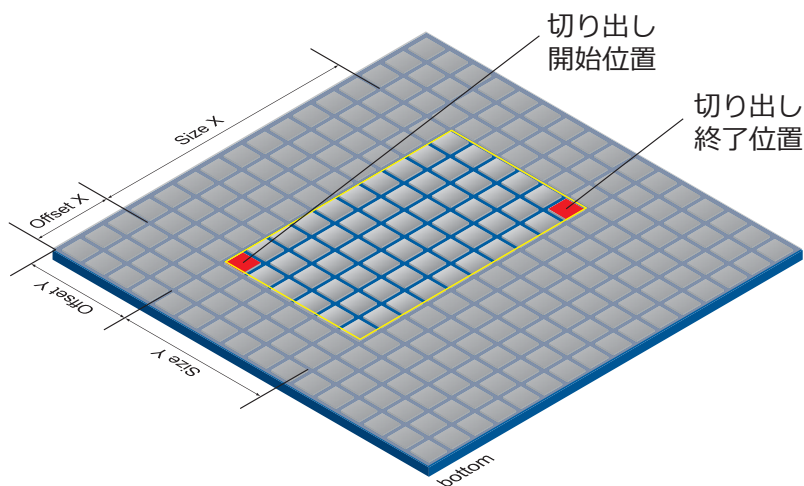
9.1.8. パーシャルスキャン / 画素切り出し (Partial Scan / ROI)

“パーシャルスキャン”は“画素切り出し”や“Area / Region of Interest (AOI / ROI)”と呼ばれている場合もあります。この機能はセンサー上の画素領域を指定します。画像を取得する場合、PCに取得する画素領域の情報を送信します。その時センサー上のすべてのラインを読み出す必要はありません。また、読み出し時間 (t_{readout}) が減少しますので、フレームレートが向上します。

この機能は視野領域を対象物だけに絞り込む場合や解像度の減少を行う時などに使用します。

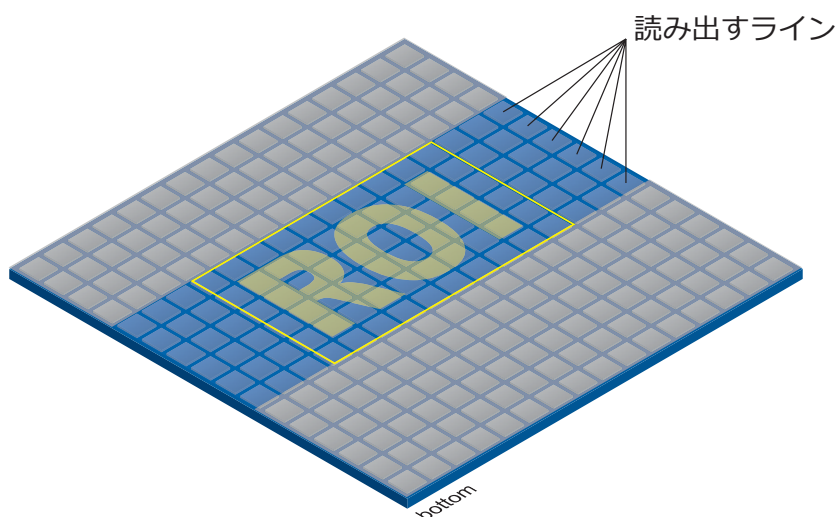
この機能は4つの値で構成されています：

- Offset X - 切り出す時に基準となるX座標
- Offset Y - 切り出す時に基準となるY座標
- Size X - 切り出す横の画素数
- Size Y - 切り出す縦の画素数



▼ 図20
パーシャルスキャンの切り出し用パラメータ

以下の図の様に切り出した場合、読み出し時間は全画素を読み出した時に比べ40%ほどまで下がります。



▼ 図21
パーシャルスキャンによる読み出し時間の短縮

9.1.9. ビニング (Binning)

デジタルカメラでは、“ビニング”と呼ばれる感度を向上させる機能が搭載されている場合があります。この機能を使用すると蓄積された電荷キャリアと共に隣接した画素が統合され、削減される画素に応じて感度が向上します。つまり、解像度の減少と感度の向上が対になっています。

Baumerのカメラでは3種類のビニングをサポートしています。(縦、横、双方向)

単方向でのビニングの場合、縦か横のどちらかの隣接した画素が統合され、“特殊画素”のひとつとしてソフトウェアは扱います。

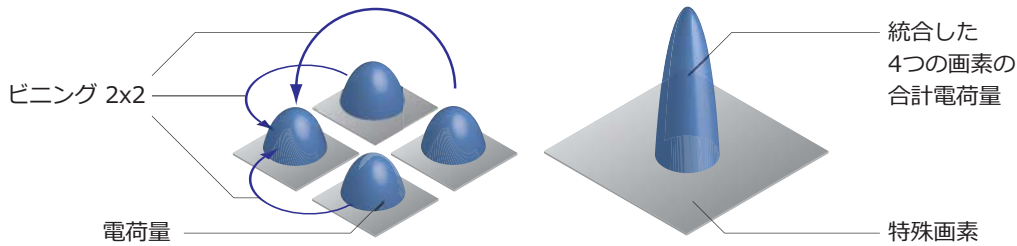
双方向でのビニングの場合、四角形の画素として統合されます。

	ビニング	解説イラスト	参考画像
<p>図22 ▼</p> <p>ビニングなし： 全画素読み出し</p>	なし		
<p>図23 ▼</p> <p>縦ビニング有効： 画像は縦に圧縮される 各画素は2倍の明るさになる</p>	1 x 2		
<p>図24 ▼</p> <p>横ビニング有効： 画像は横に圧縮される 各画素は2倍の明るさになる</p>	2 x 1		
<p>図25 ▼</p> <p>縦横ビニング有効： 画像は縦横両方から圧縮される 各画素は4倍の明るさになる</p>	2 x 2		

9.1.10. ビニング補正 (Brightness Correction)

電荷の統合はオーバーロード（電荷の飽和）を引き起こすかもしれません。これを軽減するにはビニング補正を使用します。3つのビニングモードそれぞれで補正方法が異なります。

ビニング	解像度
1x2	1x2ビニングではセンサー内部でビニング補正処理を行います。オーバーロードは露光時間を半分にすることで軽減されます。
2x1	2x1ビニングではカメラ内部のFPGAで補正処理を行います。この場合、ビニング補正は各画素の統合後に合計された電荷を半分に補正します。
2x2	2x2ビニングでは上記の両方を組み合わせて補正しています。



▼ 図26
双方向のビニングで統合される4画素の電荷キャリア

9.1.11. 画像反転 (Flip Image)

画像反転機能は画像データをカメラから転送する前に、キャプチャした画像データを縦もしくは横方向に反転します。

注意

ROIを使用しても反転されます。

カメラ型番	横方向	縦方向
MXU02 / MXU02c	■	<input type="checkbox"/>
MXU12 / MXU12c	■	<input type="checkbox"/>
MXU20 / MXU20c	■	<input type="checkbox"/>
MXUC20 / MXUC20c	■	■
MXUC40.2 / MXUC40c.2	■	■

図27 ▼
縦方向の画像反転

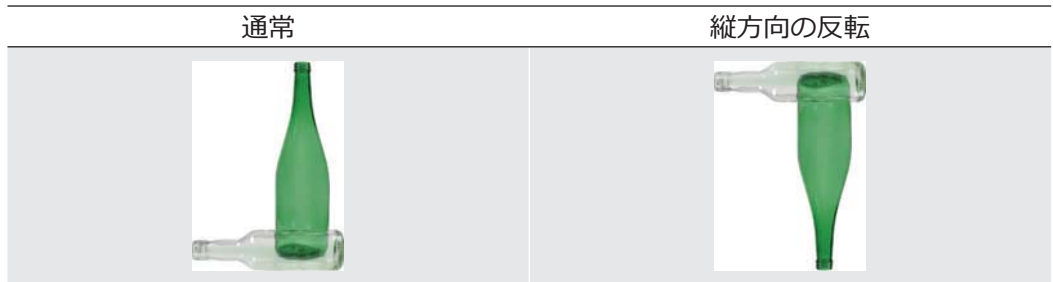


図28 ▼
横方向の画像反転

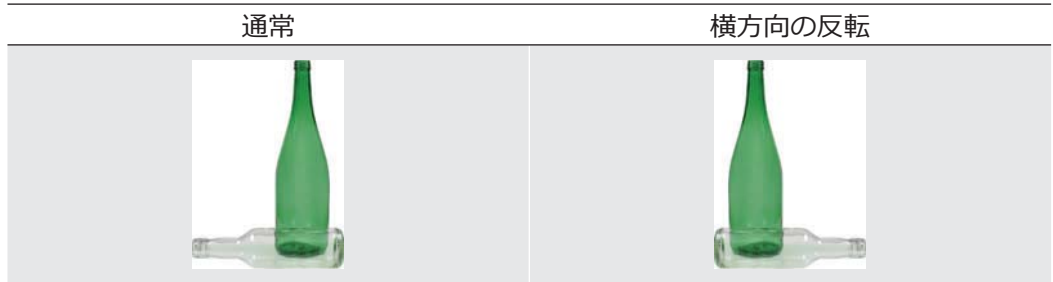
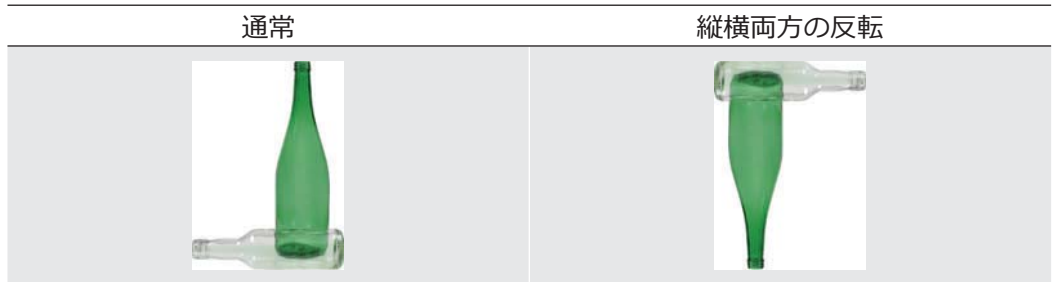


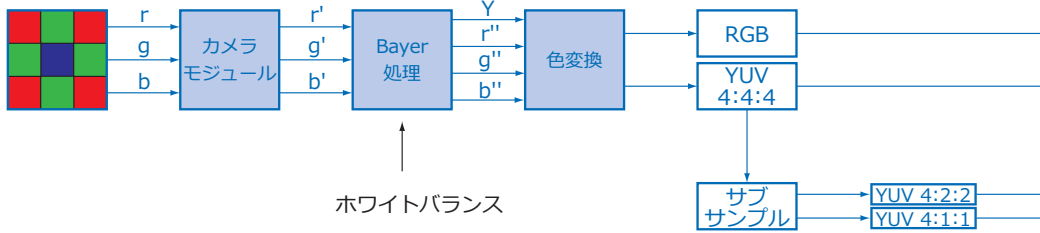
図29 ▼
縦横方向の画像反転



9.2. カラー化処理

Baumerのカラーカメラは5000Kの色温度でバランスをとっています。

処理工程を単純に示すと、4つの工程で表されます。



▼ 図30
Baumerカラーカメラ
のカラー化処理の工程

センサーの各カラー信号、r (赤)、g (緑)、b (青) はカメラ内の各処理工程で増幅やデジタル化が行われます。

Bayer処理内部では、 r' 、 g' 、 b' の生信号にそれぞれ独立した補正式が適用され信号が増幅されます。その際、各色値が補完され新たな値 (r'' 、 g'' 、 b'') として出力されます。また、輝度値信号 (Y) も生成されます。

次の工程では色変換が行われます。生成済みのカラー信号 r'' 、 g'' 、 b'' は、規格に沿った色差信号U、Vを生成します。

その後、それらの信号は希望の出力フォーマットで転送されます。

また、以下の工程は同時に処理されます：

- RGBかYUVのカラー空間への変換
- 外部のカラー調整
- 波長感度の物理的なバランスのようなカラー調整

YUV信号のデータレートを抑えたい場合、色差信号のサブサンプルを実行できます。

また、希望の出力フォーマットで以下の項目をカスタムできます：

- データ出力の順番
- YUV4:2:2かYUV4:1:1への色差信号のサブサンプル
- 8bitのデータレートへの制限

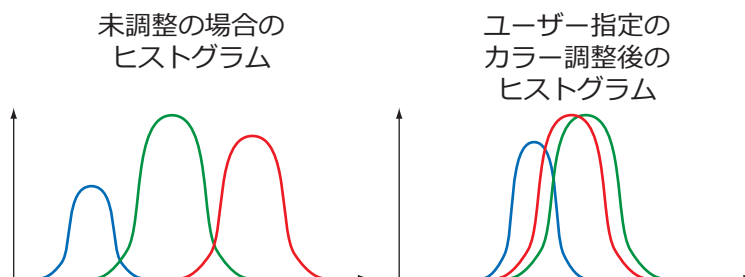
9.3. カラー調整 : ホワイトバランス (White Balance)

この機能はBaumerMXUシリーズの全てのカラーカメラで有効で、Bayer処理の実行中に行われます。

ホワイトバランスは赤、緑、青のそれぞれのチャンネルに補正式を適用し、3つのカラーチャンネルそれぞれに独立した調整を行います。

9.3.1. ユーザー指定のカラー調整

ユーザー指定のカラー調整はBaumerのカラーカメラでそれぞれのカラーゲインの補正式を調整するのに便利です。この方法では、各カラーチャンネルの増幅値をユーザーが望む値に調整できます。カラーゲインの補正式の範囲は1~4です。



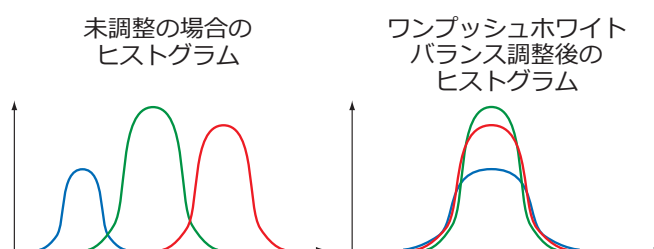
▼ 図31
調整していない画像のヒストグラムとユーザー指定のホワイトバランスで調整した画像のヒストグラム

9.3.2. ワンプッシュホワイトバランス

ワンプッシュホワイトバランス調整では、3つのカラースペクトルがひとつのホワイトポイントになるようにバランスをとります。カラーゲインの補正式はカメラによって決定されます。

図32 ▼

未調整の画像のヒストグラムとワンプッシュホワイトバランス調整後の画像のヒストグラム



9.4. アナログコントロール

9.4.1. オフセット / ブラックレベル (Offset / Black Level)

CCDセンサー

CCDセンサーを用いたBaumer MXUカメラでは、オフセット（ブラックレベル）は0～255LSB（12bit換算時）です。

カメラタイプ	LSBステップの分解能
モノクロ	
MXU02	12 bit (256 LSB)
MXU12	12 bit (256 LSB)
MXU20	12 bit (256 LSB)
カラー	
MXU02c	12 bit (256 LSB)
MXU12c	12 bit (256 LSB)
MXU20c	12 bit (256 LSB)

CMOSセンサー

CMOSセンサーを用いたBaumer MXUカメラでは、オフセット（ブラックレベル）は0～255LSB（12bit換算時）です。

カメラタイプ	LSBステップの分解能
モノクロ	
MXUC20	12 bit (256 LSB)
MXUC40.2	12 bit (256 LSB)
カラー	
MXUC20c	12 bit (256 LSB)
MXUC40c.2	12 bit (256 LSB)

9.4.2. ゲイン (Gain)

産業向け環境ではブレ画像が発生するのは好ましくありません。従って、露光時間を短く制限する場合があります。しかし、カメラからの出力信号は小さくなるので、暗い画像となってしまいます。この問題を解決する為、カメラは信号をユーザーが指定した倍率で増幅できます。このゲイン倍率は一定の範囲で調整できます。

注意

ゲインが向上すると画像ノイズも同時に向上します。

CCDセンサー

カメラタイプ	ゲイン倍率[db]
モノクロ	
MXU02	0 ~ 29.5
MXU12	0 ~ 29.5
MXU20	0 ~ 29.5
カラー	
MXU02c	0 ~ 29.5
MXU12c	0 ~ 29.5
MXU20c	0 ~ 29.5

CMOSセンサー

カメラタイプ	ゲイン倍率[db]
モノクロ	
MXUC20	0 ~ 18
MXUC40.2	0 ~ 18
カラー	
MXUC20c	0 ~ 18
MXUC40c.2	0 ~ 18

9.5. ピクセル補正 (Defect Pixel Correction)

9.5.1. 基本情報

どのセンサーメーカーでも異常な画素（欠陥画素と呼ばれる）が存在する可能性があります。それらの画素で蓄えられる電荷量は露光時間に応じて線形にはなりません。

これら欠陥画素はセンサーの劣化や製造上の過程でも発生するため避ける事はできません。

カメラの動作上これらの画素はなんら影響を及ぼしません。

これらはただ単に取得した画像で非常に明るい（ホットピクセル）か暗い（クールピクセル）点として現れるだけです。

図33 ▼

保存した画像にある“ホットピクセル”と“クールピクセル”の欠陥画素の特徴

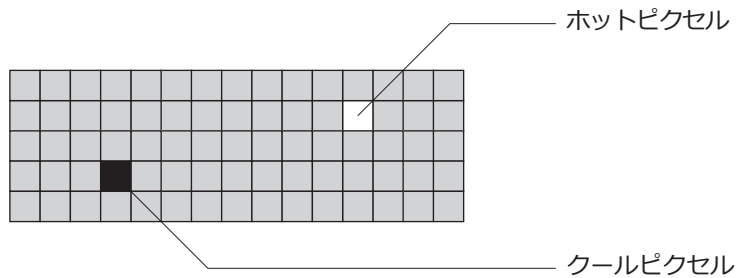
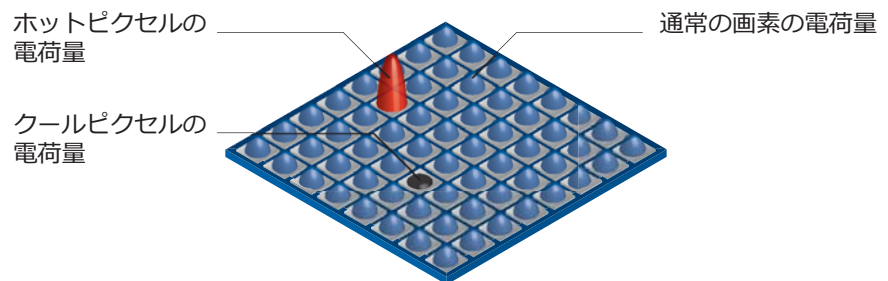


図34 ▼

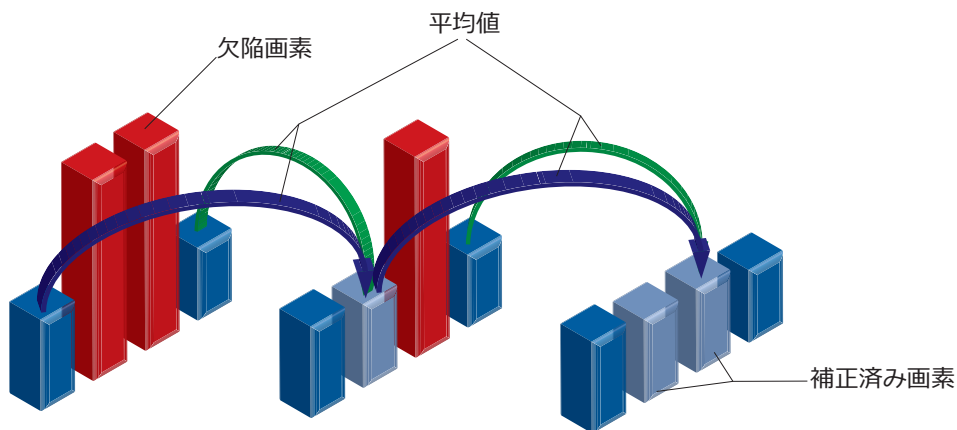
通常の画素と“ホットピクセル”と“クールピクセル”の画素の蓄えられた電荷の違い



9.5.2. 補正アルゴリズム

BaumerMXUシリーズのカメラでは欠陥画素を以下の方法で解決します。

- 欠陥のある画素をカメラの製造過程中に検出します。
- これら検出された欠陥画素の座標をカメラの工場出荷設定に格納します。
- センサーが読み出しを完了させた後、修正が行われます。
 - あらゆる処理を行う前の段階で補正する欠陥画素から左右両隣の画素の値を読み出します。
(カラー用のBayerの場合も同様)
 - その後、読み出したそれら2画素の平均値を算出し、補正対象の画素を補正します。
 - 連続した欠陥画素の値を補正する場合は、補正した欠陥画素の値とその反対側の画素の平均値の値で2画素目を補正します。
 - こうして欠陥画素補正機能は最大で2つの連続した画素を補正可能です。



9.5.3. 欠陥画素リスト (Defect Pixel List)

既に述べたとおり、このリストはBaumerカメラの製造工程において作成され、工場出荷設定に格納されます。

追加のホットやクールピクセルがカメラのライフサイクルの間に発生した場合、Baumerではそれらの画素の座標を欠陥画素リストに追加することができます。

ユーザーはそれらの欠陥画素の座標*) をリストに追加することが可能です。
欠陥画素リストはユーザーセットに格納され、リスト内の全ての欠陥画素に欠陥画素補正が適用されます。

*) 全画素のフォーマット時の座標 (Rawデータ/反転処理なし)

9.6. インターフェイス処理

9.6.1. デジタルIO (Digital IOs)

9.6.1.1. ユーザー指定の入力

外部入出力用コネクタはユーザー側で結線しなければなりません。

特徴は対応する“high”と“low”の電圧レベルです。

(low:0~4.5V、high : 11~30V)

定義されている信号自体は直接カメラに影響しません。ただし、カメラを制御するためにそれらの信号をソフトウェア側で検知、処理する事が可能です。

“IO Matrix”と呼ばれる機能が信号の処理と“state”の選択を提供します。

ソフトウェア側では入力信号は“Trigger”、“Timer”、“LineOut1~3”と名付けられています。

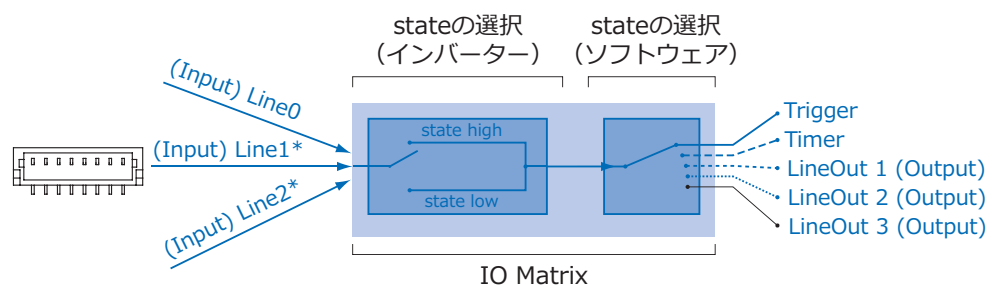


図35 ▼

BaumerMXUの入力側の
IO Matrix

* 2つのGPIOをInputで使用した場合

9.6.1.2. General Purpose Input / Output (GPIO)

Line1 と Line2 は入力にも出力にも使用できるGPIOです。

Inputで使用する場合 (Low:0~0.8V、high:2.0~4.1V)

Outputで使用する場合 (Low:0~0.4V、high:2.9~3.3V)

警告！

General Purpose IO (GPIO) は無電圧接点ではなく過電圧保護もされていません。間違った配線 (過電圧、電圧不足、逆配線) は電気回路の故障を引き起こします。



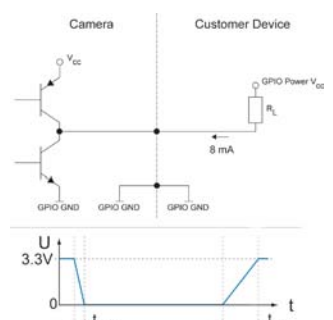
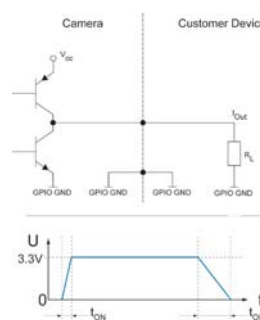
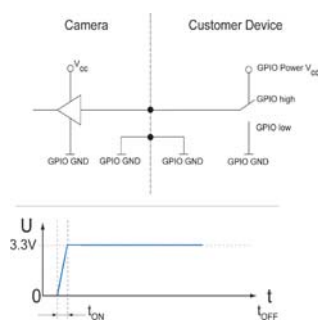
GPIO許容電圧 : 3.3 VDC
許容電流料 : Max 8mA
負荷抵抗 : 約470Ohmかそれ以上

GPIOはデフォルトのカメラ設定ではInputに設定されています。
もし、GPIOを使用する場合は必ずGPIO_GNDを接続して下さい。

GPIO入力

GPIO出力 : High active

GPIO出力 : Low active

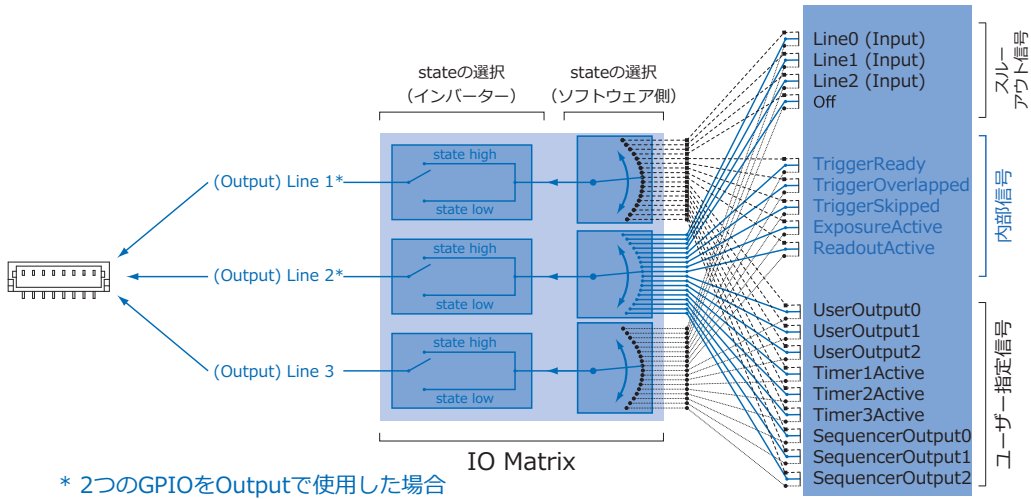


9.6.1.2. 設定変更が可能な出力

Baumerでは出力端子に割り当てる内部信号をソフトウェア側で制御する事ができます。

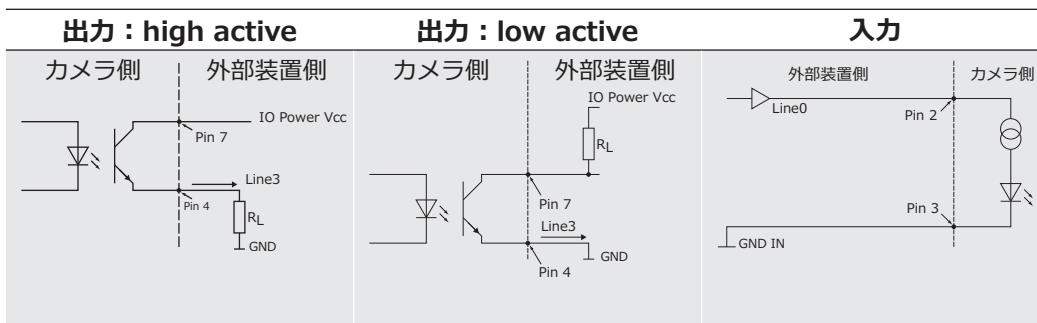
MXUカメラでは"ExposureActive (Flash) "、"Line 0~2"、"Timer1~3"、"ReadoutActive"、"User 0~2"、"TriggerReady"、"TriggerOverlapped"、"TriggerSkipped"、"SequencerOutPut 0~2"、の内部信号を出力端子に振り分ける事が可能です。

また、出力の停止 ("OFF") を割り当てる事も可能です。



▼ 図36
BaumerMXUの出力側のIO Matrix

9.6.1.3. IO回路図



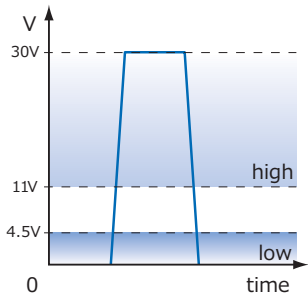


図37 ▲

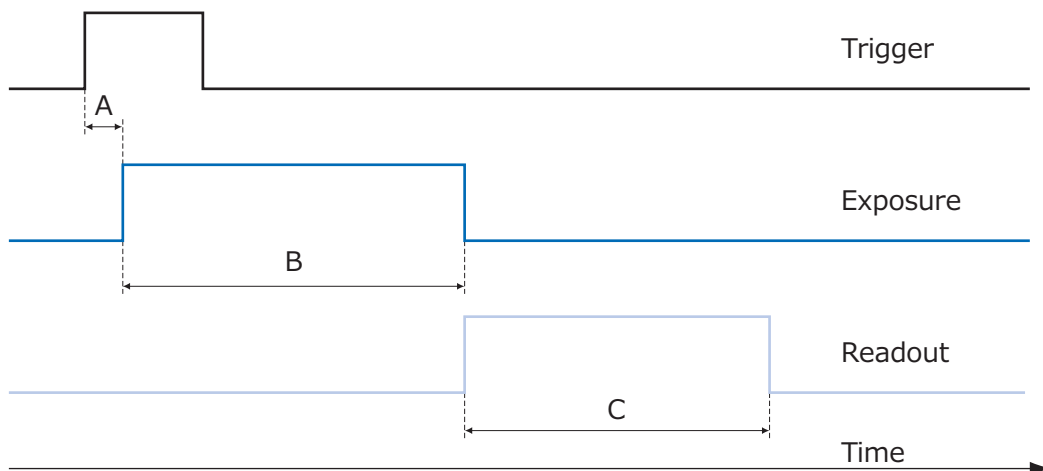
Baumerカメラでの適切なトリガー信号

図38 ▼

カメラのトリガーモード
 A - トリガー遅延
 B - 露光時間
 C - 読み出し時間

9.6.2. トリガー入力 (Trigger Input)

トリガー信号はカメラの露光時間と連動して1サイクルごとに使用されます。ソフトウェアトリガの場合、所定の間隔が経ってから画像を取得します。



異なるトリガーソースを使う事も可能です。

トリガー遅延：

トリガー遅延はユーザーが自由に設定でき、画像取得とトリガー信号との間に遅延時間を設けます。遅延時間は0.0μsec~2.0secまでの間で1μsecずつ設定可能です。複数のトリガーが遅延中の場合、トリガーは記憶されており、遅延も行われます。バッファ上では最大512個のトリガー信号を遅延中に記憶する事が可能です。

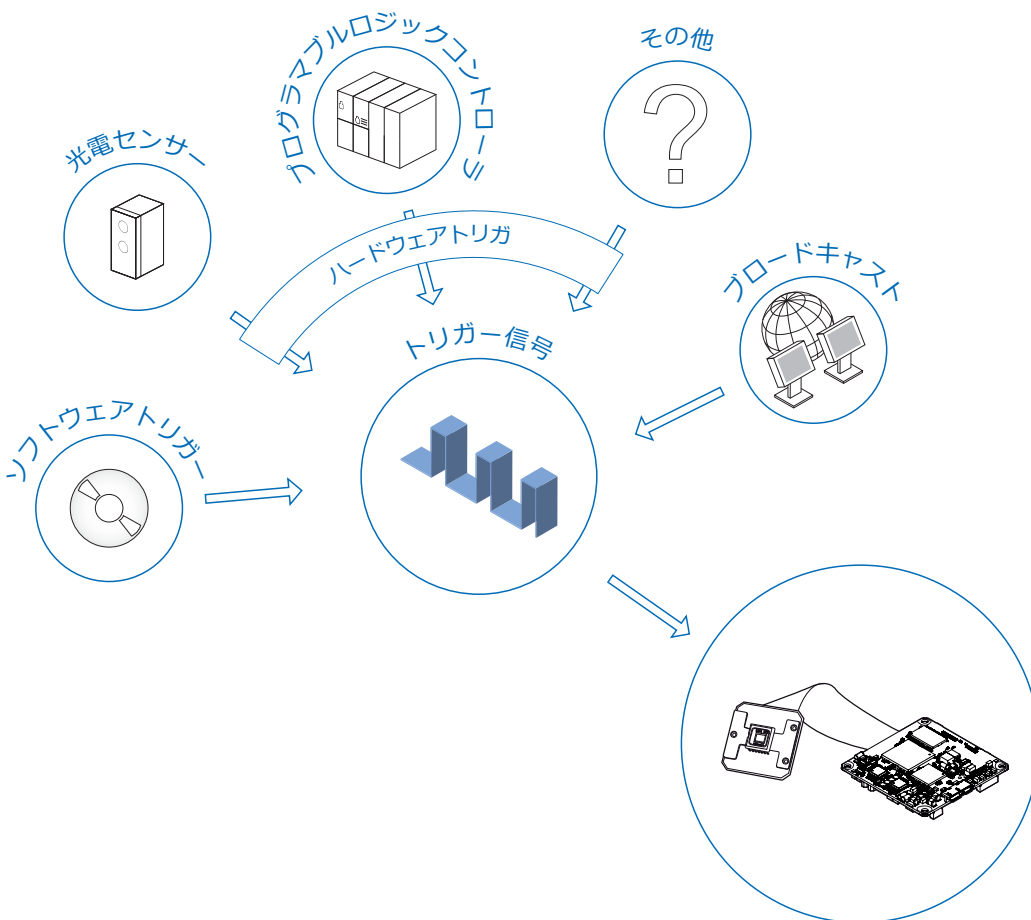
■外部トリガーセンサーを完全に整列させる必要性はありません。

■ハードウェアの変更無く異なる対象物をキャプチャできます。

図39 ▼

利用可能なトリガーソースの一例)

9.6.3. トリガーソース (Trigger Source)



それぞれのトリガーソースは個別で有効にしなければなりません。トリガーモードが有効になった時、デフォルトの設定でハードウェアトリガーが有効になります。

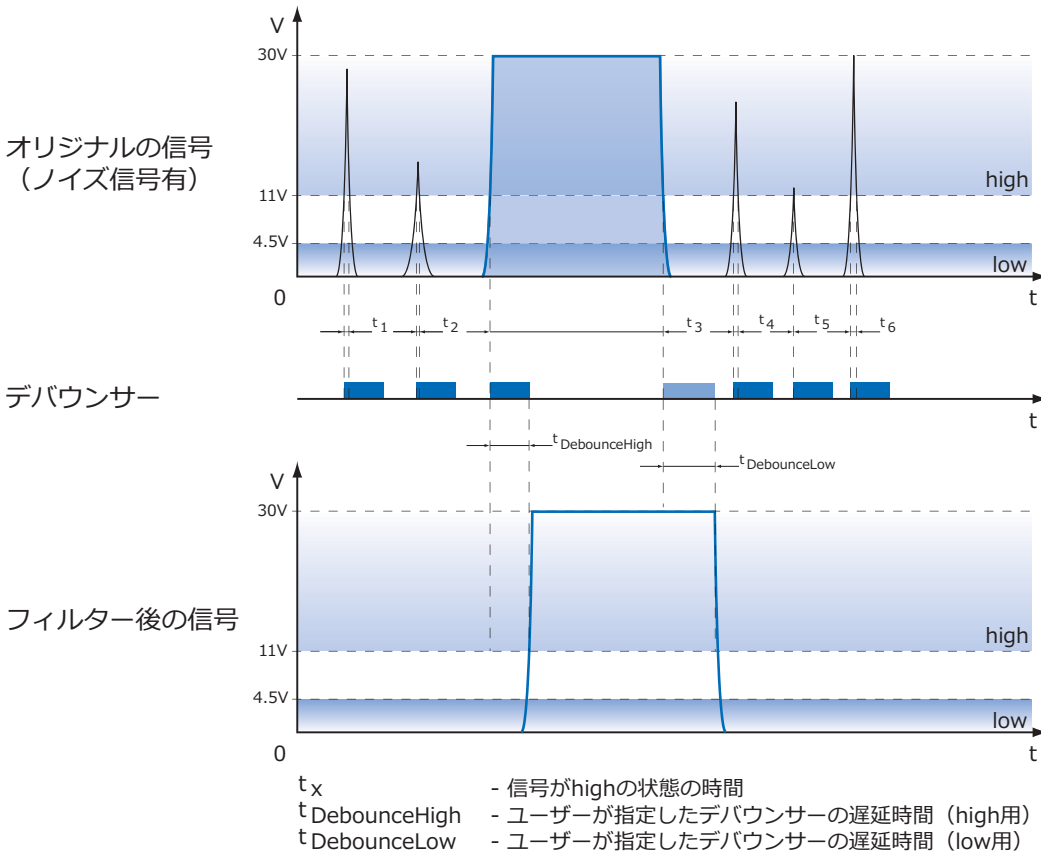
9.6.4. デバウンサー (Debouncer)

この機能は有効な短形波信号と妨害する信号（ごく僅かなピーク信号）とを選別するための機能で、工業環境では重要視されています。デバウンサーでは無効な信号は除外され、ユーザーによって定義されたテスト時間 $t_{\text{DebounceHigh}}$ よりも長い信号が認識されたら、カメラにトリガーを誘発させます。

また、信号ではないジッターを除去し、有効な信号のエッジの終端を検出するため、2回目のテスト時間 $t_{\text{DebounceLow}}$ が提供されています。このタイミングもユーザーによって調節可能です。信号値がlowの状態まで下降し、 $t_{\text{DebounceLow}}$ の間中上昇しないなら、それを信号の終端として認識します。

デバウンサーでは $t_{\text{DebounceHigh}}$ と $t_{\text{DebounceLow}}$ を0~5msecの間で1 μsec づつ調整可能です。

デバウンサー：
 有効なトリガー信号のエッジは $t_{\text{DebounceHigh}}$ と $t_{\text{DebounceLow}}$ によって移動します。それら二つのタイミングによっては、トリガー信号が伸ばされたり、縮められたりするかもしれません。



9.6.5. フラッシュ信号 (Flash Signal)

この信号はセンサーの露光時間に依存しています。

また、フラッシュ出力信号の立下りエッジを検査対象物の移動のトリガーとして使用する事もできます。実際、工業環境ではセンサーの読み出し (t_{readout}) にかかる時間間隔をその他の動作に費やす事ができます。

9.6.6. タイマー (Timers)

タイマー機能はカメラの内部信号を拡張制御するために提供されています。

例えば、タイマーの実行によって照明の発光がセンサーの露光の開始と同期して開始するのではなく、事前に設定された間隔によって制御可能です。

BaumerMXUカメラには4つのタイマー設定があります。

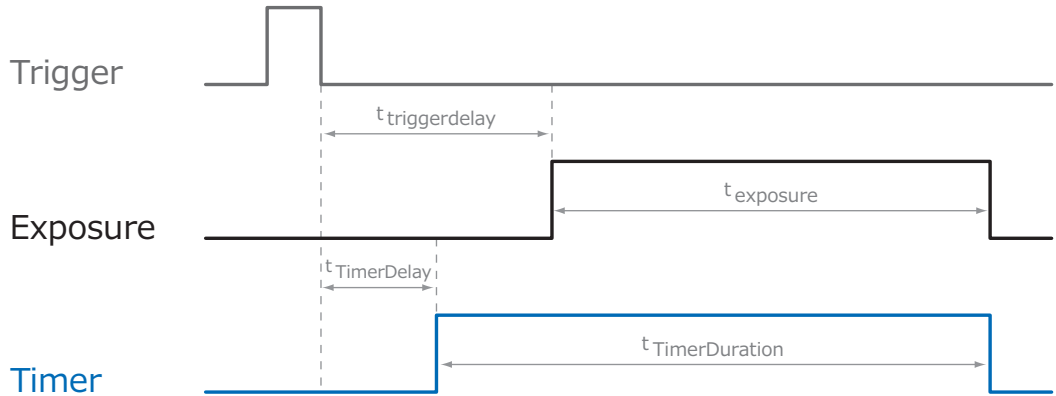


図40 ▼

BaumerMXUカメラでの
タイマー設定

パラメータ	内容
TimerTriggerSource	それぞれのタイマーのソース選択を提供します。
TimerTriggerActivation	タイマーが有効になるトリガー信号の起動箇所（エッジやステータス）の選択を提供します。
TimerDelay	トリガー信号が入力されてからタイマーを開始するまでの間隔を指定します。
TimerDuration	タイマーの有効時間を調整できます。

9.6.6.1. フラッシュ遅延 (Flash Delay)

前述の通り、タイマー機能でセンサーの露光開始よりも早くフラッシュ信号を開始させる事が可能です。

これには以下のようなタイマー設定が必要です。

- 内部タイマー信号の選択においてフラッシュ出力が割り当てられている必要があります。
- タイマーのトリガーソースとトリガー起動箇所はセンサーの露光と同じにしなければなりません。
- タイマー遅延 ($t_{\text{TimerDelay}}$) はトリガー遅延 ($t_{\text{triggerdelay}}$) よりも短くしなければなりません。
- タイマー信号の継続時間 ($t_{\text{TimerDuration}}$) はセンサーの露光が完了するまで継続させなければなりません。これは以下の式で求める事が可能です。

$$t_{\text{TimerDuration}} = (t_{\text{triggerdelay}} - t_{\text{TimerDelay}}) + t_{\text{exposure}}$$

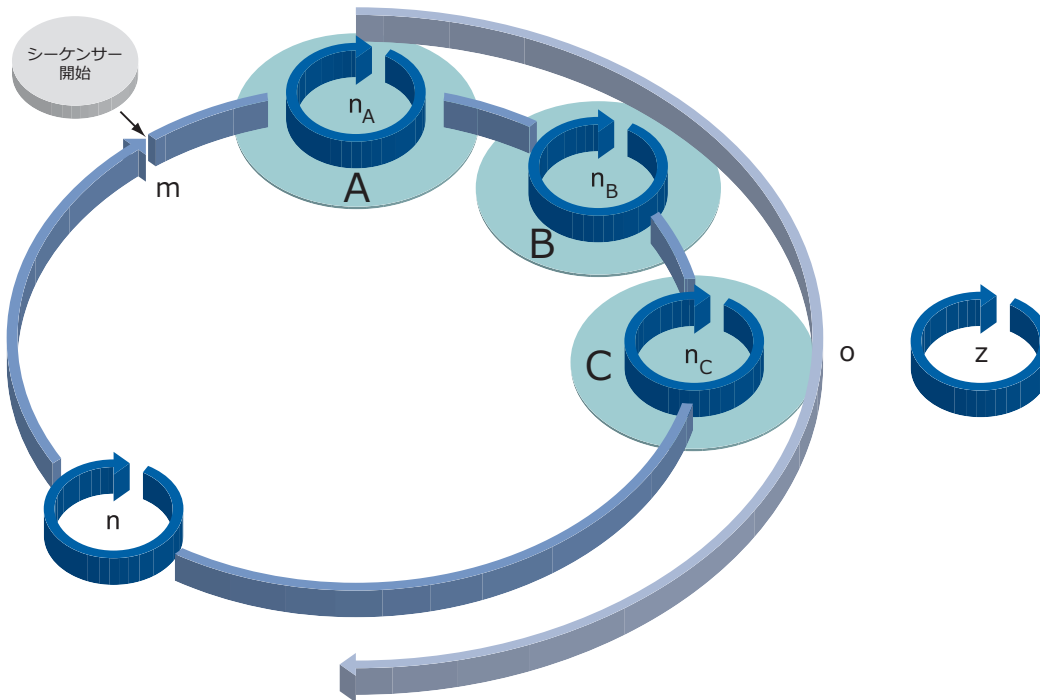
9.6.7. フレームカウンター (Frame Counter)

フレームカウンターは画像ヘッダ情報の一部で、チャンクモードが有効な場合、各画像ごとに提供されます。これはハードウェアで生成されており、カメラから各画像がPCへ転送されているか照合するためや、正しい並び順で受け取ったか照合する為に使用できます。

9.7. シーケンサー (Sequencer)

9.7.1. 基本情報

シーケンサーは異なるパラメータを設定しながら連続的な画像取得を自動制御するのに使われます。



▼ 図41
シーケンサーのフローチャート：
m - ループ回数
n - 繰り返し数
o - パラメータセットの数
z - トリガー毎のフレーム数

上の図面はシーケンサーモジュールの基本的な構造を示しています。

シーケンス (o) は使用する全てのパラメータセットの数を定義します。

ループカウンタ (m) はシーケンサーの繰り返し回数を表します。
リピートカウンタ (n) はそれぞれのパラメータセットで取得する画像枚数を制御するのに使われます。このカウンタはそれぞれのパラメータセット毎に独立して設定します。

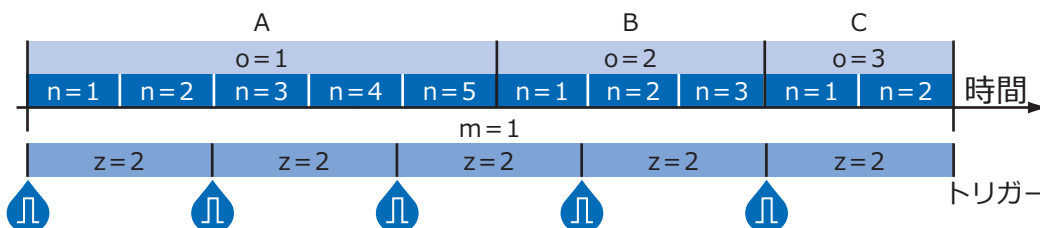
シーケンサーの開始は直接 (フリーラン) 行うか、外部イベント (トリガー) によって行う事ができます。外部イベントのソース (トリガーソース) は実行前に選択される必要があります。

追加のフレームカウンタ (z) は半自動化のシーケンサを作成する為に使用されます。これは他の三つのカウンタからは完全に独立しており、外部トリガーイベントに応じて実行されます。

シーケンサーパラメータ：
要求されるパラメータは以下の項目を含みます：
■ 露光時間
■ ゲイン値
■ 出カライン
■ ROIの位置 (OffsetX,Y)

以下のタイムラインはこのような例のシーケンサーを表しています。

- o = 3個のパラメータセット (A, B, C)
- n = パラメータセットAで5枚、Bで3枚、Cで2枚撮影
- m = 1回のシーケンサー
- z = トリガーごとに2枚撮影



▼ 図42
1回のシーケンサーのタイムライン

9.7.2. カメラ設定用XMLファイルでの記述方法

BaumerOptronicsのシーケンサーは“BOSequencer”のカテゴリ内で以下の機能と共に記述されています。

<code><Category Name="BOSequencer" Namespace="Custom"></code>	
<code><pFeature>BoSequencerEnable</pFeature></code>	1 : 有効 / 0 : 無効
<code><pFeature>BoSequencerStart</pFeature></code>	1 : 開始 / 0 : 停止
<code><pFeature>BoSequencerRunOnce</pFeature></code>	1 : 1回のみ / 0 : ループ
<code><pFeature>BoSequencerFreeRun</pFeature></code>	1 : フリーラン / 0 : トリガー
<code><pFeature>BoSequencerSetSelector</pFeature></code>	パラメータセットの数
<code><pFeature>BoSequencerLoops</pFeature></code>	シーケンサーの回数 (m)
<code><pFeature>BoSequencerSetRepeats</pFeature></code>	繰り返す回数 (n)
<code><pFeature>BoSequencerFramesPerTrigger</pFeature></code>	トリガー毎のフレーム数 (z)
<code><pFeature>BoSequencerExposure</pFeature></code>	露光時間のパラメータ
<code><pFeature>BoSequencerGain</pFeature></code>	ゲインのパラメータ
<code></Category></code>	

9.7.3. 構成例

9.7.3.1. トリガーなしのシーケンサー

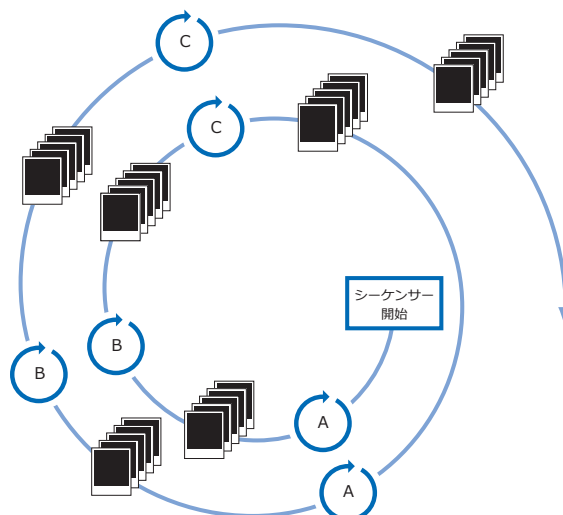


図43 ▼

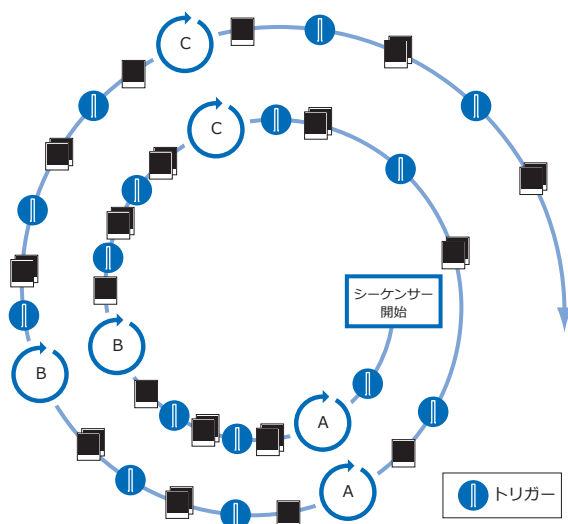
フルオートなフリーランのシーケンサーの例

上記の例では3つのパラメータセット (A、B、C) による全自動的なフリーランでのシーケンサーを表しています。リピートカウンタ (n) には5が設定されており、ループカウンタ (m) には2が設定されています。

外部イベントの有る無しに関係なくシーケンサーが開始された時、カメラはA、B、Cそれぞれのパラメータセット毎に5枚の画像を取得します。その後、シーケンサーは1回目のシーケンサーの終了に続いてもう一度開始されます。

この場合パラメータは最後のパラメータセットのパラメータが継承されています。

9.7.3.2. トリガーによる制御のシーケンサー



▼ 図44
セミオートなシーケン
サーの例

上記の例では、前回の例と同じ3つのパラメータセット（A、B、C）による半自動的なシーケンサーを表しています。フレームカウンター（z）は2が設定されています。これはトリガー信号が来た後カメラが2枚の画像データを取得するという意味です。

9.7.4. Baumer-GAPIシーケンサーモジュールの仕様

- 128個のパラメータセットを設定可能
- 65536回までループパスを設定可能
- 65536回までパラメータセットの繰り返しが可能
- 65536枚までトリガーイベント毎に画像取得が可能
- シーケンサー開始用のトリガ信号無しにフリーランモードで実行可能

9.7.5. ダブルシャッター (Double Shutter)

シーケンサーは非常に短い間隔で2枚の画像を取得する方法を提供できます。この方法はアプリケーションによって照明装置と共に連動して実行されます。1回目の露光時間 (t_{exposure}) は任意に指定でき、1回目のフラッシュ信号と同時に発生します。2回目の露光時間はセンサーの読み出し時間 (t_{readout}) と同じかそれよりも長くしなければなりません。それにより、1回目の露光が終わった後わずかな時間で次の露光が処理されます。2回目の露光時間をサチュレーションしないほど短い時間にしたい場合、2回目のフラッシュ時間を短くし、フラッシュ信号によって外部から発生する光量を軽減しなければなりません。

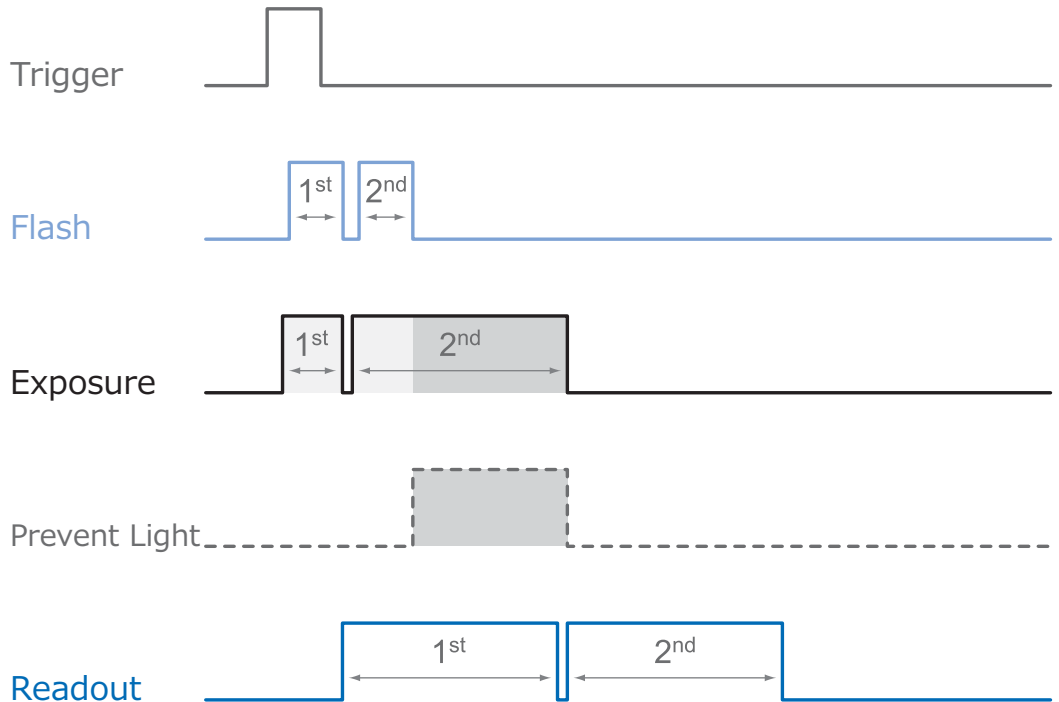


図45 ▼
ダブルシャッターの例

Baumer MXUカメラではこの機能をシーケンサーで実行しています。

このシーケンサーを作成するために、以下のようにシーケンサーを設定しなければなりません。

パラメータ	設定 :
Sequencer Run Mode	トリガー (1回のみ)
Sets of parameters (o)	2
Loops (m)	1
Repeats (n)	1
Frames Per Trigger (z)	2

9.8. デバイスリセット

デバイスリセットはカメラの電源オン、オフして再起動したのと同様の動きをします。これはカメラのパラメーター化の後に実行されなければなりません。

これを使えば電源を落としてカメラを再起動する必要はありません。

9.9. ユーザーセット (User Sets)

4つのユーザーセット (0~3) がBaumer MXUシリーズのカメラで利用可能です。User set 0がデフォルトの設定で、工場設定が格納されています。User set 1~3はユーザーが指定した以下の情報を格納することができます。

これらのユーザーセットはカメラ内部に格納されていますがBGAPI2を使用すればファイル保存ができ、他のMXUカメラへ設定を転送することが可能です。

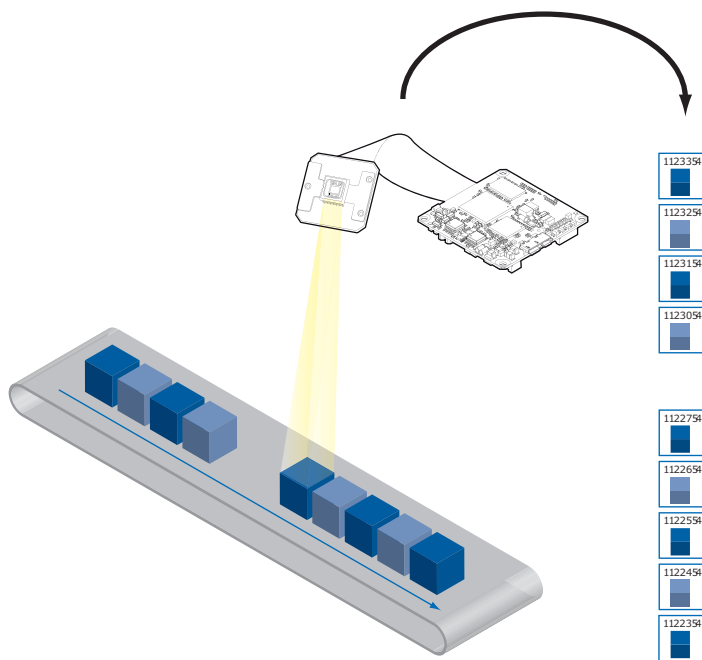
各パラメータをカメラの起動時に設定する場合、“user set default selector”の部分で4つのユーザーセットの中から1つを選択可能です。カメラは電源投入後に選択されたユーザーセットのパラメータ設定で起動します。

9.10. 工場設定

工場設定は“user set 0”に格納されており、デフォルトのユーザーセットとして設定されています。このユーザーセットのみ内容を変更することはできません。

9.11. タイムスタンプ (Timestamp)

タイムスタンプはUSB3.0 Vision™規格の機能の一つです。タイムスタンプは64bitの長さで格納されており、分解能は1nsです。あらゆる画像データやイベントは、それに対応したタイムスタンプ情報を含んでいます。電源をオンにするかリセットした時、タイムスタンプ情報は0から始まります。



▼ 図46
保存した画像のタイムスタンプ

10. インターフェイス情報

10.1. デバイス情報 (Device Information)

この情報はカメラのUSBハードウェアIDの型番です。

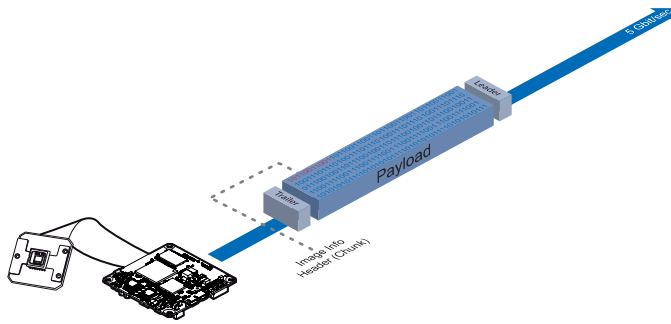
- ProductID (PID) : デバイス名を識別する型番
- VendorID (VID) : メーカー名を識別する型番

カメラ型番	Baumer USB Vendor ID [16進数]	Baumer USB Product ID [16進数]
MXU02	2825	0100
MXU02c	2825	0101
MXU12	2825	0102
MXU12c	2825	0103
MXU20	2825	0104
MXU20c	2825	0105
MXUC20	2825	0106
MXUC20c	2825	0107
MXUC40.2	2825	0108
MXUC40c.2	2825	0109

- グローバル一意識別子 (GUID)
- デバイス製造元名 (Manufacturer)
- シリアル番号 (iSerialNumber)

10.2. Baumer画像情報ヘッダー

Baumer画像情報ヘッダはカメラによって生成されたデータパケットの一種です。チャンクモード（ChunkMode）が有効な場合、各画像の初めのデータパケットに埋めこまれています。



▼ 図47
Baumer画像情報ヘッダの位置

この埋めこまれたデータパケットは画像データのための各設定情報を持っています。BGAPIは画像情報ヘッダを読み込む事が可能です。サードパーティー製のソフトウェアでは、チャンクモードがサポートされていれば以下の表の機能を読み込む事が可能です。

機能	内容
ChunkOffsetX	ROIの原点からの横方向のオフセット（ピクセル単位）
ChunkOffsetY	ROIの原点からの縦方向のオフセット（ピクセル単位）
ChunkWidth	ペイロードに含まれる画像データの横幅
ChunkHeight	ペイロードに含まれる画像データの高さ
ChunkPixelFormat	ペイロードに含まれる画像データのピクセルフォーマット
ChunkTimestamp	ペイロードに含まれる画像データのFrameStartイベントが発生した時のタイムスタンプ値
ChunkExposureTime	キャプチャした画像の露光時間
ChunkGainSelector	データからどのゲインを読みだすか選択
ChunkGain	キャプチャした画像のゲイン値
ChunkFrameID	ペイロードに含まれる画像データのフレーム固有番号
ChunkBinningHorizontal	ビニングによって統合する横の画素数
ChunkBinningVertical	ビニングによって統合する縦の画素数

10.3. メッセージチャンネル (Message Channel)

非同期的なメッセージチャンネルはUSB Vision™規格で規定されており、各種イベント信号を提供します。それぞれ発信されたイベントには64bitのタイムスタンプ情報があり、それらはイベントが発生した正確な時間を保持しています。

また、それぞれのイベントは個別にオン、オフが設定できます。

10.3.1. イベント内容

イベント	説明
Gen<i>i</i>Cam™仕様のイベント	
ExposureStart	露光の開始
ExposureEnd	露光の終了
FrameStart	フレーム出力の開始
FrameEnd	フレーム出力の終了
Line0Rising	IOライン0での立上上がりを検出
Line0Falling	IOライン0での立ち下がりを検出
Line1Rising	IOライン1での立上上がりを検出
Line1Falling	IOライン1での立ち下がりを検出
Line2Rising	IOライン2での立上上がりを検出
Line2Falling	IOライン2での立ち下がりを検出
Line3Rising	IOライン3での立上上がりを検出
Line3Falling	IOライン3での立ち下がりを検出
ベンダー仕様のイベント	
EventError	イベント処理中のエラーを検出
EventLost	イベント消失を検出
TriggerReady	入力されたトリガーを処理可能かどうか検出
TriggerOverlapped	トリガーオーバーラップを検出
TriggerSkipped	トリガーのスキップ処理を検出

11. 開始と停止の挙動

11.1. 画像取得の開始と停止と中断

1枚の画像の取得が開始したらカメラでは3段階の処理が行われます。

- 使用するイメージパラメータの確定
- センサーの露光
- センサーの読み出し

その後、カメラが停止するまでこの一連の動作を繰り返し行います。

画像取得の停止とは一連の動作が中止された事を意味します。停止信号が読み出し中に発生するのなら、カメラを停止させる前に読み出しは完了するでしょう。停止信号が露光中に到達したのなら、読み出しは行われずに中止されるでしょう。

画像取得の中断

現在の画像取得を停止する特別な場合があれば、画像取得を中断可能です。

露光を実行中の場合、露光は直ちに中止され、読み出しも行われず、取得処理は中断されます。

11.2. インターフェイスの開始と停止

インターフェイスが開始されていなければカメラからPCへの画像データの転送は開始されません。インターフェイスがアクティブになっていないのに画像取得を開始したら保存される画像データは失われます。

また、データ転送中にインターフェイスを停止したら、カメラは直ちに停止されます。

11.3. 画像取得モード

通常、3つの画像取得モードがBaumer MXUシリーズのカメラで使用可能です。

11.3.1. フリーラン

フリーランでは、カメラは外部イベントがない状態でも常に画像を取得し続けます。

11.3.2. トリガー

基本的に、トリガーモードは装置のサイクルと共にカメラは同期しています。トリガーモードでは外部イベントによるトリガーがない限り連続で画像を取得しません。

これについてはチャプター8.3を参照して下さい。

11.3.3. シーケンサー

シーケンサーは露光時間やゲインなど異なる設定で連なった画像データを自動的に取得するのに使用されます。

12. クリーニングについて

警告！



カメラをクリーニングしないで下さい。
カメラが損傷する恐れがあります。

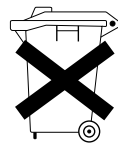
13. 保管と搬送

注意

カメラを搬送する時は必ず梱包して下さい。カメラが装置に組み込まれていないのであれば、出荷時にカメラが入っていた梱包箱に保管して下さい。

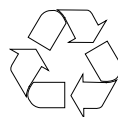
保管環境	
保管時の温度	-10℃ ~ +70℃
保管時の湿度	10% ~ 90% (結露無きこと)

14. 製品の破棄について



古くなった製品を電子回路や部品ごと破棄する場合、一般廃棄物では無いため自国の法律に抵触するかもしれません。また、2002/96/EC指令や、2006/66/EC指令が適用される場合、回収業者でリサイクルする必要があります。

老朽した設備の適切な処分は価値ある資源を節約し、可能な限り人間や環境に及ぼす悪影響を軽減する事を支援します。



返送時の梱包を資源サイクルする事は廃棄物を減らし、原料を保存する事を支援します。もはや梱包する必要がなくなった時に現地の法律に従って梱包資材を処分して下さい。

保証による修理を行う時に製品を適切に梱包できるので、保証期間の間は出荷時に使用された梱包箱を保管し続けて下さい。

15. 保証について

注意

Baumerの技術者以外がカメラの修理・解体・再加工を行ったことが明らかな場合、Baumer Optronicはそのデバイスのその後の性能や品質に対してあらゆる責任を取る事はないでしょう。

16. サポートについて

何かカメラに問題があった場合は各地域の担当サポート窓口にご連絡して下さい。

カメラメーカー

日本国内総代理店

■Baumer Optronic GmbH
Badstrasse30
DE-01454 Radeberg, Germany

Tel : +49 (0)352 8438 6845
Mail : support.cameras@baumer.com

Website : <http://www.baumer.com/>

■株式会社アルゴ
〒564-0063
大阪府吹田市江坂町1-13-48
インタープラネット江坂ビル9F
Tel : 06-6339-3366
Mail : argo@argocorp.com

Website : <http://www.argocorp.com/>

17. 適合情報

17.1. CE

Baumer MXU ボードカメラはハウジングなしの状態でご届けられます。
ハウジングの仕様はカメラの電磁干渉の特性に大きな影響を及ぼします。

従って、電磁干渉に関するCE認証の試験はMXUボードカメラでは行われていません。

ユーザーはMXUボードカメラを使用したシステムにおいて、自らが電磁干渉に関する適切な試験を行わなければなりません。



■ Baumer Optronik GmbH
Badstrasse 30
DE-01454 Radeberg, Germany
Tell : +49 (0)3528 43 86-0
Fax : +49 (0)3528 43 86-86
Mail : sales@baumeroptronic.com
URL : <http://www.baumer.com/>

■ 株式会社アルゴ
〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1-13-48
インタープラネット江坂ビル9F
Tell : 06-6339-3366
Fax : 06-6339-3365
Mail : argo@argocorp.com
URL : <http://www.argocorp.com/>